

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

1(9)
2016

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЩОКВАРТАЛЬНИК
ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту,
Голова редакційної ради
І.Б. Чепков,
д-р техн. наук.

Редакційна колегія:

Г.О. Бойко, д.т.н., гол. ред. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
С.В. Лапицький, д.т.н., зам. гол. ред.
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
О.Б. Аніпко, д.т.н. (ХУПС)
Ю.М. Бусяк, д.т.н. (ХКБМ)
А.С. Довгополий, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
В.В. Зубарев, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
А.М. Зубков, д.т.н. (НАСВ)
О.П. Коростельов, д.т.н. (ДержККБ «Луч»)
Д.Б. Кучер, д.т.н. (АВМС)
Б.М. Ланецький, д.т.н. (ХУПС)
М.І. Луханін, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
М.М. Мітрахович, д.т.н. (ДП «Івченко-
Прогрес»)
Б.О. Оліяник, д.т.н. (ЛНДРТІ)
А.І. Світлиць, д.т.н. (НУОУ)

Редакційна рада:

Ю.А. Гусак, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)
М.М. Шеєцов, (ОЗСУ)
Г.В. Певцов, д.т.н. (ХУПС)
О.В. Сотников, к.т.н. (НАНУ)
В.М. Телепін, д.в.н. (НУОУ)
П.П. Ткачук, д.іс.н. (НАСВ)
І.В. Толок, к.пед.н. (ДВОН МОУ)
В.Б. Толубко, д.т.н. (ДУТ)
О.В. Харченко, д.т.н. (ДНДІА)

Розглянуто та схвалено до друку
науково-технічною радою інституту
протокол № 3 від 24.03.2016

Оригінальний макет виготовлено
Видавничим домом Дмитра Бураго

Адреса редакції:

Україна, 03049, м. Київ,
пр-т Повітрофлотський, 28
Тел.: (044) 271-0966
Факс: (044) 520-12-84
E-mail: cndi_ovi@mil.gov.ua

Свідство про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
серія КВ №20209-10009Р від 20.08.2013 г.

Журнал входить до переліку наукових видань
Міністерства освіти і науки України
Наказ №7-дск від 30.09.2014 р.



© ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2016

У НОМЕРІ

Бадрак В. В. Переозброєння Збройних Сил України:
раціоналізація підходів, пошук альтернативних шляхів. 3

ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

Борохвостов І. В. Обґрунтування шляхів забезпечення Збройних Сил
озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей
оборонно-промислового комплексу України (Частина 1) 9

АРТИЛЕРІЙСЬКЕ ТА СТРІЛЕЦЬКЕ ОЗБРОЄННЯ

Макеєв В. І., Вакал А. О. Експериментальні методи визначення
аеродинамічних коефіцієнтів нормальної сили
і перекидального моменту 16

РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНІ КОМПЛЕКСИ

Коленніков А. П., Цветков Є. А. Визначення кількості пускових
установок сучасного ракетного комплексу, потрібних
для вогневого ураження противника 21

АВТОМОБІЛЬНА ТЕХНІКА

*Бісик С. П., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Давидовський Л. С.,
В. Г. Корбач, Висоцький О. М., Захаревич Д. М.* Теоретична оцінка
протимінної стійкості багатоцільового тактичного
автомобіля «Козак-2» 26
Нікорчук А. І. Визначення раціональних кінематичних параметрів
повороту автомобіля при динамічному або комбінованому способі
управління поворотом 32

ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ

Гриб Д. А., Лук'яничук В. В., Ніколаєв І. М. Основні проблеми і напрями
розвитку зенітного ракетного озброєння на тривалу перспективу 37

ТЕХНІКА ЗВ'ЯЗКУ

Шишацький А. В., Жук О. Г., Борознюк М. В., Рубцов І. Ю.
Порівняльний аналіз ефективності сучасних сигнально-кодових
конструкцій для систем військового радіозв'язку 41

ТЕХНІКА Й ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ

Дерепа А. В. Дві складові гідроакустичного озброєння
в комплексній системі «гідроакустичне озброєння –
надводний корабель» 45

ЕКСПЛУАТАЦІЯ

Чабаненко П. П., Бережний О. М. Врахування розмаху ресурсу
виробів військового призначення при подовженні їх терміну служби 51

НЕКРОЛОГ

БОЙКО Георгій Олександрович 55

ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

1(9)
2016

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНИК
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 2014 ГОДА

В НОМЕРЕ

Бадрак В. В. Перевооружение Вооруженных Сил Украины:
рационализация подходов, поиск альтернативных путей 3

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Борохвостов И. В. Обоснование путей обеспечения Вооруженных Сил
вооружением и военной техникой с учетом возможностей
оборонно-промышленного комплекса Украины (часть 1) 9

АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И СТРЕЛКОВОЕ ВООРУЖЕНИЕ

Макеев В. И., Вакал А. А. Экспериментальные методы определения
аэродинамических коэффициентов нормальной силы
и опрокидывающего момента 16

РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-УДАРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Коленников А. П., Цветков Е. А. Определение количества пусковых
установок современного ракетного комплекса, требующихся
для огневого поражения противника 21

АВТОМОБИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

*Бисик С. П., Чепков И. Б., Васьковский М. И., Давыдовский Л. С.,
Корбач В. Г., Высоцкий О. Н., Захаревич Д. Н.* Теоретическая оценка
противоминной стойкости многоцелевого тактического
автомобиля «Козак-2» 26

Никорчук А. И. Определение рациональных кинематических параметров
поворота автомобиля при динамическом или комбинированном способе
управления поворотом 32

ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Гриб Д. А., Лукьянчук В. В., Николаев И. М. Основные проблемы
и направления развития зенитного ракетного вооружения
на длительную перспективу 37

ТЕХНИКА СВЯЗИ

Шишацкий А. В., Жук О. Г., Борознюк Н. В., Рубцов И. Ю.
Сравнительный анализ эффективности современных
сигнально-кодовых конструкций для систем военной радиосвязи 41

ТЕХНИКА И ВООРУЖЕНИЕ ВОЕННО-МОРСКИХ СИЛ

Дерепа А. В. Две составляющие гидроакустического вооружения
в комплексной системе «гидроакустическое вооружение –
надводный корабль» 45

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Чабаненко П. П., Бережной О. Н. Учет размаха ресурса изделий
военного назначения при продлении их срока службы 51

НЕКРОЛОГ

БОЙКО Георгий Александрович 55

Руководитель проекта,
Председатель редакционного совета
И.Б. Чепков,
д-р техн. наук.

Редакционная коллегия:

Г.А. Бойко, д.т.н., гл. ред. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
С.В. Лапицкий, д.т.н., зам. гл. ред.
(ЦНИИ ВВТ ВСУ)
О.Б. Анилко, д.т.н. (ХУВС)
Ю.М. Бусяк, д.т.н. (ХКБМ)
А.С. Довгопаль, д.т.н. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
В.В. Зубарев, д.т.н. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
А.Н. Зубков, д.т.н. (НАСВ)
О.П. Коростелёв, д.т.н. (ГосККБ «Луч»)
Д.Б. Кучер, д.т.н. (АВМС)
Б.Н. Ланецкий, д.т.н. (ХУВС)
М.И. Луханин, д.т.н. (ЦНИИ ВВТ ВСУ)
М.М. Митрахович, д.т.н. (ГП «Івченко-
Прогрес»))
Б.А. Олиарник, д.т.н. (ЛНІРТІ)
А.И. Сбитнев, д.т.н. (НУОУ)

Редакционный совет:

Ю.А. Гусак, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)
М.М. Шевцов, (ВВСУ)
Г.В. Певцов, д.т.н. (ХУВС)
А.В. Сотников, к.т.н. (НАНУ)
В.М. Телелим, д.в.н. (НУОУ)
П.П. Ткачук, дис.н. (НАСВ)
И.В. Толок, к.пед.н. (ДВОН МОУ)
В.Б. Толубко, д.т.н. (ГУТ)
А.В. Харченко, д.т.н. (ГНИИА)

Рассмотрено и одобрено к печати
научно-техническим советом института
протокол № 3 от 24.03.2016

Оригинал-макет подготовлен
Издательским домом Дмитрия Бугаго

Адрес редакции:

Украина, 03049, г. Киев,
пр-т Воздухофлотский, 28
Тел.: (044) 271-0966
Факс: (044) 520-12-84
E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Свидетельство о государственной
регистрации печатного издания массовой
информации серия КВ №20209-10009Р
от 20.08.2013 г.

Журнал входит в перечень научных изданий
Министерства просвещения и науки Украины
Приказ №7-дск от 30.09.2014 г.



УДК 327:355.02(477)

В.В. БАДРАК,*кандидат філософських наук,**Центр досліджень армії, конверсії та роззброєння*

Переозброєння Збройних Сил України: раціоналізація підходів, пошук альтернативних шляхів

Аналіз забезпечення ЗСУ і інших військових формувань озброєннями та військовою технікою (ОВТ) свідчить, що держава в 2015 р. здатна забезпечити лише тактичний рівень переозброєння та навіть не наближається до створення передумов для суттєвих змін у цій сфері. Немає можливості не тільки отримати оперативно-тактичні ракетні комплекси (ОТРК) чи крилаті ракети, але й глибоко модернізовані системи протиповітряної оборони (ППО) і літаки.

Хоча в цілому – це варто констатувати – ситуація з отриманням ОВТ покращилася на кількісному й якісному рівнях. Наприклад, в середині 2015 р. ЗСУ отримали партію нових високомобільних портативних комплексів «Стугна-П» розробки ДККБ «Луч». Крім цього, спостерігається позитивна тенденція у наданні коштів на потреби національної оборони. Понад 52 млрд. грн. передбачено в державному бюджеті України для Міноборони на 2015 р. (про це йшлося в заяві заступника директора Департаменту фінансів Міноборони України С. Вінника 17 вересня 2015 р.). За його словами, у порівнянні з минулим роком це практично удвічі більше. Чинownik поінформував, що на 2016 р. Міноборони проситиме з держбюджету 67,8 млрд. грн. То ж, за умов формування реалістичної військово-технічної політики, існуватиме можливість започаткування поступового переозброєння, передусім ЗСУ та Національної гвардії України (НГУ).

Але правда й у тому, що зрушення відбуваються надто повільно. Ця тенденція може спостерігатися й у майбутньому, що є вкрай небезпечним для організації оборони держави та проведення належного переозброєння. Тому, щоб отримати можливості моделювати майбутнє, варто зазирнути у недалеку історію українського війська, розглянути сегмент переозброєння: як і хто в Україні створював новітні системи та впроваджував нові технології.

За умов тривалої відсутності коштів на закупівлю нових ОВТ та реалізації дослідно-конструкторських робіт (ДКР) (реально протягом української історії будівництва війська адекватні ресурси надавалися тільки у 2007 р.) військове відомство могло лише сприяти просуванню ОВТ на іноземні ринки шляхом прийняття їх на озброєння в ЗСУ. Наприклад, під час колегії Міноборони у грудні 2007 р. повідомлялося про прийняття на озброєння в ЗСУ таких сучасних ОВТ, як високоточний постріл з керованою ракетою для танків БМ «Булат», рухома трикоординатна радіолокаційна станція кругового огляду 79К6 («Пелікан»), модернізована радіолокаційна станція П-18 МА, модернізована радіолокаційна станція П-19 МА, модернізована станція тропосферного зв'язку Р-417МУ, 8 нових цифрових технічних засобів зв'язку та комутації, навчально-тренувальний комплекс вертольота УТКВ Мі-8 МТВ, комплексний динамічний тренажер екіпажу БМП-2, а також про модернізацію бойових літаків Су-25 та МіГ-29 і ударного вертольота Мі-24.

Досить показово, що оборонна промисловість знайшла свій власний шлях підтримки дослідницьких і виробничих потужностей без державного оборонного замовлення (ДОЗ) – за рахунок активного просування ОВТ на експорт. Саме з Державною компанією

«Укрспецекспорт» пов'язані такі проекти, як створення модернізованої версії станції пасивної радіоелектронної розвідки «Кольчуга-М», що мала успіх на зовнішньому ринку. А в 1999 р., на прикладі створення тандемно-боеприпасу для танків «Комбат», було фактично вперше успішно інтегровано дослідно-конструкторську роботу в зовнішній контракт. Це, до речі, був перший випадок створення в такий спосіб цілком нового озброєння. За участі ДК «Укрспецекспорт» були спроби удосконалити систему РЕБ «Мандат» (ДАХК «Топаз») та систему захисту об'єктів від високоточної зброї «Каштан-3» (НДІ «Квант»). Приклад новації було сприйнято позитивно і самим ринком, і вітчизняною оборонною промисловістю, яка побачила цілком нові можливості. Підприємства, серед яких вперше з'явилися й приватні (наприклад, корпорація «Таско»), почали звертатися до спеціальних експортерів. Це був дивний прецедент, оскільки військове відомство та інші силові структури могли хіба що спостерігати за процесом: внаслідок практично відсутнього ДОЗ вони перестали виконувати важливі функції замовників (в тому числі й на перспективу). Їх замінив ринок, попит.

Цікаво, що й після приходу до влади команди Віктора Ющенка ситуація з розробками та виробництвом ОВТ не змінилася. Попри заяв про наміри розбудувати сектор безпеки та створювати належні умови для оборони держави в Україні залишався єдиний апробований механізм розвитку технологій, тобто розширення можливості технологічного зростання і створення нових ОВТ за рахунок діяльності спеціально утворених експортерів – ДК «Укрспецекспорт» та її дочірніх фірм. Цей напрям почав активно використовуватися, оскільки він дозволяв і розширювати коло партнерів у галузі ВТС, і створювати нові ОВТ. За п'ять років «Укрспецекспорту» вдалося забезпечити створення або доведення до прийняття на озброєння в ЗСУ (і, відповідно, відкрити дорогу на світовий ринок озброєнь) низки нових озброєнь: бронетранспортерів сімейств БТР-3 та БТР-4, високоточних засобів ураження, у тому числі й для вертольотів, трикоординатної РЛС 79К6 (більше відомої як «Пелікан»), РЛС «Малахит» і МР-1, сучасного комплексу активного захисту бронетехніки КАЗ «Заслон», та навіть вітчизняних версій модернізації бойових літаків і вертольотів. Слід зауважити, що період 2010–2015 рр. став найбільш результативним у сфері доведення нових зразків ОВТ до виробничого (і, паралельно, до експортного) потенціалу. Найбільш цікавими виявлялися проекти, в яких «Укрспецекспорт» мав справу з досвідченими конструкторами та менеджерами в одній особі. До таких, без сумніву, належав М. Борисюк, генеральний конструктор бронетанкобудування України, який не лише замахнувся на створення нового конкурентоспроможного у світі танка, але й з нуля створив національну школу виробництва легкої бронетехніки. І якщо з фінансуванням робіт зі створення танка «Оплот» військове відомство хоч і в невеликих обсягах, але брало участь, то створення бронетранспортера БТР-4 стало яскравим та показовим епізодом. Так, спочатку для експортованих бронетранспортерів замовники (зокрема, найбільший з

них – Таїланд) обирали німецькі двигуни (йдеться про БТР-3Е), але укладення іракського контракту командою спецекспортерів дозволило отримати ресурси для доведення до завершеного виду двигуна для БТР-4. Дуже показово, що на момент укладення контракту дизельного двигуна практично не існувало, але команда конструкторів спромоглася завершити відповідні роботи. Це лише один з епізодів, але він чітко віддзеркалює всю панораму щодо створення нових ОВТ в Україні.

Не менш симптоматично те, що з приходом до влади команди Віктора Януковича діяльність спеціальних експортерів у сфері розширення можливостей національного ОПК фактично було припинено. Були реалізовані лише проекти, які вже тривалий час перебували в стадії розробки та випробувань і наближалися до логічного фінішу – прийняття на озброєння в ЗСУ.

Таким чином, практично усі новітні технології України з'являлися протягом новітньої історії держави внаслідок двох взаємопов'язаних процесів. З одного боку, ініціатив самих підприємств, продиктованих інстинктом самозбереження і розумінням необхідності удосконалювати асортимент продукції та послуг. А з іншого – послідовною підтримкою з боку держави цих ініціатив.

Зрозуміло, така традиція утворилася в державі штучно, і певною мірою є хибною. Тому що вона, передусім, не могла забезпечити розвитку капіталомістких проектів, таких як оперативно-тактична ракета, крилата ракета чи виробництво боеприпасів або, навіть, роботи з глибокої модернізації систем ППО. Передусім така тенденція свідчить про те, що управління оборонною промисловістю на державному рівні не відбувалося, діючої вертикалі побудовано не було, реформою сектору безпеки взагалі ніхто не займався. І внаслідок відсутності національної оборонно-промислової політики Україна на початок війни Росії за знищення держави виявилася неготовою в технічному сенсі. Україна вступила у війну із застарілим озброєнням та без підготовленої системи забезпечення.

На цьому тлі варто зауважити, що певні залишки системи, яка утворилася в Україні протягом двох останніх десятиліть, існували й через майже два роки після початку війни. З нових розробок у війська потрапив хіба що БпАК тактичної ланки «Фурія» виробництва приватного підприємства «Атлант-Авіа». Підприємства долають відставання самотужки – допомоги у підготовці виробництва держава не надає. Той самий танк «Оплот» має шанси потрапити в ЗСУ знову-таки завдяки експорту. Так, державне управління і на кінець 2015 р. здійснюється в ручному режимі.

Замалими виявилися й передумови оборонно-промислового реформування. Так, у держави із запізненням як мінімум на рік з'явилася нова Стратегія національної безпеки і нова редакція Воєнної доктрини. Керівних документів щодо розвитку оборонного щита стримування як не було, так і немає (на кінець 2015 р.). Немає держпрограми розвитку ЗСУ, немає держпрограми розвитку ОВТ, не з'явилася й держпрограма розвитку оборонної промисловості. Аргументом влади, як і раніше, залишається неухильне дотримання послідовності:

спершу – Концепція розвитку сектору безпеки та оборони і Стратегічний оборонний бюлетень (обидва документи «на підході»), потім згадані вище відсутні документи. Не виключено, що військово-політичне керівництво піде шляхом розробок державних цільових програм, що може стати позитивним кроком. Але поки ідея реалізовуватиметься, чергове ДОЗ формуватиметься на один, а не на два-три роки, як наполягав Центр досліджень армії, конверсії та роззброєння (ЦДАКР) та інші експертні групи.

Аналіз наявних загроз Українській державі свідчить про необхідність належного переозброєння ЗСУ та інших військових формувань. Це може стати найбільшим козирем, який від часу здобуття незалежності здатен прикупити Київ. При цьому також стала очевидною необхідність поступового та цілеспрямованого проведення реформи оборонної промисловості (ОП).

Слід визнати, що вітчизняна оборонна промисловість має певний науково-технічний та виробничий потенціал для створення конкурентоспроможних зразків озброєнь і військової техніки (ОВТ). Це такі підгалузі, як військово-транспортна авіація, високоточне ракетне озброєння повітряного та наземного базування, танки та легкі броньовані машини, радіолокаційні станції, системи супутникової навігації та електронної протидії, ремонт і, у перспективі, модернізація зенітних ракетних комплексів, виробництво патрульних катерів. До цього можна додати й розробку та виробництво ключових комплектуючих до ОВТ, зокрема авіаційних двигунів та корабельних турбін, створення космічних апаратів та двигунів до крилатих ракет, двигунів до ракет-носіїв та іншого.

Водночас, внаслідок тривалої відсутності уваги військово-політичного керівництва держави до сектору безпеки і, зокрема, до розвитку оборонних технологій та оновлення виробничих потужностей підприємств оборонної промисловості, набирає оберти тенденція до критичного виснаження основних фондів. Особливо це стосується державних підприємств, оскільки досі спостерігається відсторонення держави від проблеми підготовки виробництва, занадто повільно відбувається і втілення найважливіших рішень у цій сфері.

В Україні на цій ділянці сектору безпеки накопичилося занадто багато очевидних недоробок і недоліків. Наприклад, досі не створено орган управління та координації оборонної промисловості, про що експерти говорять з часу парламентських слухань у липні 2014 р. Більше того, внаслідок неприйнятого рішення не виконано положення Коаліційної угоди про створення при Кабінеті Міністрів міжвідомчого органу для розвитку ОПК (центрального органу виконавчої влади зі спеціальним статусом з віце-прем'єр-міністром на чолі).

Аналіз постачань ОВТ до ЗСУ та інших військових формувань свідчить про те, що переозброєння досі організовано за принципом постачання того, що є, а не того, що необхідно.

Важливо наголосити, що конкретні факти свідчать про уповільнення розробок та появи нових озброєнь з 2010 р. та до кінця 2015 р. З початком війни РФ проти України влада зосередилася виключно

на поставках (з урахуванням налагодження виробництва) наявних ОВТ і не забезпечила передумов створення нових – це є ризикованою помилкою та викликом для майбутнього ЗСУ. Так, якщо у період з 2000 до 2010 р. було розроблено та прийнято на озброєння цілу низку нових зразків ОВТ, переважно завдяки ініціативі самих оборонних підприємств та зусиллям ДК «Укрспецекспорт» як активного учасника і фактичного механізму для реалізації елементів оборонно-промислової політики (ОПП) держави, то після 2010 р. зникли навіть елементи ОПП. Лише деякі високотехнологічні центри продовжили активну діяльність, та ще розгорнута Росією війна стимулювала появу цілком нових гравців, що нерідко реалізовували зусилля за рахунок волонтерських структур.

Як приклад можна згадати ДП «Орізон-Навігація», яке постійно розвивається і створює все нові і нові вироби. Але компанія представила низку інноваційних розробок у 2015 р. за рахунок вдалої маркетингової стратегії на зовнішніх ринках. Або поява у ці часи автоматичного гранатомета УАГ-40 чи артилерійського боеприпасу «Квітник» – наслідок тривалої інерції розробок. Показовий приклад: інженери заводу «Маяк» оперативно розробили український зразок гвинтівки, яку назвали «Гопак». Цей проект є ініціативою приватного підприємства під час війни. Таких ініціатив чимало, але вони пов'язані з невеликими масштабами самих проектів: створення низки БПАК тактичної ланки, створення низки різноманітних броньованих автомобілів і т. п.

Цю тенденцію підтверджують й імена розробників і лобістів усіх створених та прийнятих на озброєння ОВТ. До речі, показово, що серед причетних до створення нових оборонних систем лише один колишній міністр оборони (А. Гриценко) та зовсім немає президентів чи прем'єрів. Натомість учасниками проектів були всі керівники ДК «Укрспецекспорт» (В. Малев, В. Шмаров, С. Бондарчук) до призначення на цю посаду Д. Саламатіна, з іменем якого пов'язують свідому руйнацію певної кількості вагомих проектів.

Що ж до вищих посадових осіб, то президент В. Ющенко намагався взяти під особистий контроль створення ОТРК, навіть «відкрив» проект у 2006 р., однак скоріше скомпрометував сам проект. Президент В. Янукович особисто взяв участь у 2011 р. у старті проекту «корвет» та також лише згасьбив його. У новітній, вже військовій історії України з появою у військах (ЗСУ, НГУ) нових ОВТ як лобісти фігурували і президент П. Порошенко (передача ремонтованих/модернізованих танків та отриманих від США контрбатарейних радарів), і секретар РНБОУ О. Турчинов (легкі броньовані машини та легкі озброєння, спуск на воду малого броньованого артилерійського катера (МБАК) класу «Гюрза-М»), і міністр МВС А. Аваков (легкі броньовані машини). Ці кроки посадовців поки що більше інтерпретовані фахівцями як піар, ніж як лобізм реально важливих проектів. Особливо на тлі випадків неякісного ремонту бронетехніки та закупівлі державним концерном «Укроборонпром» непридатних до війни старих британських броньованих автомобілів «Саксон». Більше того,

представники чинної влади не діють однією командою, а обмінюються критикою один одного. Голова комітету Верховної Ради України з питань національної безпеки і оборони С. Пашинський, який намагається відігравати суттєву роль у отриманні іноземної військово-технічної допомоги, зазначає: «На жаль, тема переозброєння українських військовослужбовців за 1,5 року війни відчувається все гостріше. «Укроборонпром» працює лише на 5–10% своїх можливостей. Тому ми готуємо закон, щоб демонополізувати цю галузь» (Укрінформ, 11.08.2015). Забігаючи вперед, зазначимо, що ані цей, ані інші законодавчі акти, необхідні для активізації розробок і виробництва ОВТ, так і не було прийнято.

Ескізи великих проектів поки що залишаються безіменними і саме ескізами, що зменшує довіру до можливості їх просування. Наприклад, інформація у ЗМІ про плани України закупити в Китаї легкі штурмовики для потреб ЗСУ (чисельні публікації в листопаді 2015 р.) не підкріплена будь-якими офіційними заявами, та й невідомо, хто саме розглядає ці плани: чи то Генштаб ЗСУ, чи, скажімо, аналітики РНБОУ, чи просто наполегливі журналісти зондують напрям. Є й інші показові приклади: прем'єр-міністр України А. Яценюк пообіцяв у жовтні 2015 р. відкрити в Україні у 2016 р. лінію виробництва боєприпасів до стрілецької зброї. Але після експертного аналізу виявилось, що боєприпаси до стрілецької зброї не є пріоритетом для військового відомства. ЗСУ потрібні боєприпаси для артилерії і танків, а також озброєння для літаків і гелікоптерів – лише ракетно-артилерійські удари та потужне авіаційне озброєння здатні забезпечити переможну оборону у війні з агресивною Росією. Натомість, проведений аналіз технічного стану та лабораторно-стендові випробування ракет Р-27, Р-60М, Р-73, Р-40Д, Х-25М, Х-29, Х-58У, «вік» яких до 20 років, показав, що продовжити термін їх служби дійсно можливо. Але після 20–25 років через старіння, знос і вплив зовнішніх кліматичних факторів виходять з ладу складові частини керованих авіаційних засобів ураження: порохові газогенератори, гумовотехнічні деталі, змінюються характеристики і параметри вибухових речовин, мастил та гідрорідин, магнетронів, хімічних джерел струму, запобіжно-виконавчих механізмів, контактних датчиків цілі тощо. Причому ці незворотні зміни в ракетах і бомбах неможливо визначити тими системами контролю, що знаходяться у військових частинах. Це означає, що нібито справні за контрольованими параметрами керовані авіаційні засоби ураження фактично можуть бути непридатними до бойового застосування (Defense Express, 28.07.2015). А також те, що вкрай потрібні програми відновлення боєприпасів, а також створення нових боєприпасів для артилерії і танків.

За умов масового постачання в ЗСУ та НГУ ОВТ вагомі проекти, що мають виключне значення для оборони держави, просуваються із суттєвим запізненням. Скажімо, автоматизований звукометричний комплекс артилерійської розвідки «Положення-2» розробки одеського підприємства СКБ «Молнія», який було прийнято на озброєння ще в 2013 р., лише наприкінці 2015-го (тобто майже через два роки війни!) отримав реалістичні

перспективи: завдяки використанню українських та європейських комплектуючих (імпортозаміщення) проект підійшов до серійного виробництва на ДП «Львівський державний завод «Лорта».

Отже, підходячи до висновків і рекомендацій, слід зауважити, що в нових умовах мають трансформуватися ролі Генерального штабу ЗСУ та провідних дослідницьких установ, до яких належить у першу чергу Центральний НДІ ОВТ ЗСУ. Передусім у виконанні двох найважливіших функцій: формуванні орієнтирів на майбутнє (короткострокові, середньострокові та на віддалену, 10–15-річну перспективу) та здійснення поточного моніторингу з констатуванням недоліків. Орієнтирів потребує оборонна промисловість, особливо приватні підприємства, які можуть задавати темп завдяки більшому, ніж державні КБ чи заводи, використанню обігових коштів. Наприклад, у разі визначення, що в країні створюватиметься (відроджуватиметься) галузь виробництва боєприпасів, приватні підприємства могли б забезпечити створення якісних порохів або ключових продуктів спецхімії (скажімо, в Україні є позитивні приклади, коли приватний сектор узявся виготовляти 40-мм боєприпаси до автоматичного гранатомета). Або офіційно інформувати про помилкові рішення відповідного департаменту Міноборони (часів керівництва ним О. Ясинського) – закупівлю для потреб ЗСУ автомобілів «Саксон», відмову від доведення до серії та закупівлі згаданого «Положення-2» та вилучення з державного оборонного замовлення програми модернізації вертольота Мі-24 (за участю французької фірми «Sagem»; розробка знаходилася на завершальному етапі виконання, а з держбюджету в неї вже було вкладено майже 400 млн. грн.). Бо коли цю функцію беруть на себе засоби масової інформації («Дзеркало тижня», 06.03.2015), це об'єктивно стає ударом по репутації Генштабу ЗСУ та й науково-дослідних структур.

Що ж до рекомендацій експертів ЦДАКР щодо покращення системи переозброєння і організації управління ОПК, вони будуть такими.

Перше. Створення дієвого механізму управління і координації. Призначити першого віце-прем'єр-міністра, до компетенції якого, зокрема, належать питання щодо забезпечення зміцнення національної безпеки і обороноздатності держави, оснащення її Збройних Сил та інших військових формувань, охорони та захисту державного кордону, загального забезпечення проведення антитерористичної операції (підготовки оборони), охорони важливих державних об'єктів, цивільного захисту населення, організації спеціального зв'язку та захисту інформації, телекомунікацій, користування радіочастотним ресурсом тощо. Завдяки цьому налагодити діяльність урядового комітету з питань оборони, ОПК та правоохоронної діяльності (який має очолювати перший віце-прем'єр-міністр України). При цьому утворити новий центральний орган виконавчої влади при Кабінеті Міністрів України з функцією управління та координації діяльності оборонних підприємств України (включно в галузі міжнародних проектів, роботи СП), діяльність якого б спрямовувалася Кабінетом Міністрів

України через першого віце-прем'єр-міністра України. Саме в цій урядовій структурі необхідно відродити діяльність інституту генеральних конструкторів і науково-промислової ради. Це дозволить Кабінету Міністрів України визначити пріоритетні напрями розвитку оборонної промисловості, прискорити затвердження Програми розвитку оборонної промисловості як дорожньої карти реформування цього високотехнологічного сектору. При цьому *формувати військово-технічну політику доручити Міністерству оборони України, оскільки безпека держави має бути поставлена вище за прибутки. Загальна найбільш вагома зміна в підходах держави має полягати у побудові потужної системи-триади, де в замкненому трикутнику відбуватиметься взаємодія трьох складових. На вершині трикутника буде не експорт зброї, як раніше, а забезпечення зброєю національної воєнної організації – через максимально можливе Державне оборонне замовлення (ДОЗ) підприємствам ОПК (ДОЗ – на 2-3 роки)*. Два з інших кутів фігури – це власне ОПК, що динамічно розвивається, та система військово-технічного співробітництва з іноземними державами. Така конструкція, побудована як рівнобедрений трикутник, дуже стійка і міцна – саме так озброюються найпотужніші країни світу. Збройовий бізнес, на який працював ОПК України, оснащуючи іноземні армії, стане важливою частиною системи військово-технічного співробітництва з іноземними державами, що забезпечить отримання новітніх технологій для розширення можливостей національної оборонної промисловості.

Задля покращення діяльності ДК «Укроборонпром» та інших підприємств з профілем випуску оборонної продукції Верховній Раді України забезпечити прийняття таких законів та поправок до законів:

Закон про військово-технічне співробітництво України з іноземними державами;

Закон про створення озброєнь та військової техніки України;

Закон про офсетні угоди (або про заборону імпорту ОВТ без офсетних схем);

Закон про державно-приватне партнерство у оборонно-промисловому секторі;

Закон щодо забезпечення прав іноземних інвесторів у оборонну (оборонно-промислову) сферу України.

Друге. Формування додаткових спроможностей.

Відновити такі альтернативні можливості в галузі створення та виробництва нових ОВТ.

2.1. Враховуючи, що саме військово-технічне співробітництво (ВТС) протягом новітньої історії України забезпечувало створення переважної частини нових ОВТ, варто розвивати цей напрям як один з альтернативних шляхів забезпечення якісного переозброєння. Для цього важливо визначити пріоритети ЗСУ в переозброєнні, здійснити проведення ревізії дослідно-конструкторських робіт (включно з напрацьованими інститутами Національної академії наук ідеями). Саме такий підхід забезпечить входження до міжнародних (інтернаціональних) клубів з розробки та виробництва нових

ОВТ та дозволить включити НДДКР в контракти на експорт та на спільне виробництво.

При цьому одним з найважливіших секторів відповідальності згаданого вище органу Кабінету Міністрів України має стати *визначення партнерів вітчизняної оборонної промисловості серед приватних та іноземних структур*.

2.2. Покращити взаємодію з волонтерськими організаціями і приватними підприємствами та здійснювати моніторинг потреб безпосередньо в зоні бойових дій (потенційних бойових зіткнень). Забезпечити оперативне реагування на потреби військ.

Для наочності варто навести такий приклад. У червні 2014 р. в АТ «Елемент» звернулися волонтери на прохання військових із запитом про поставку метеостанцій для потреб АТО (у зв'язку з відсутністю метеокомплектів, що задовольняють сучасні вимоги). Фахівці АТ «Елемент» розробили ТЗ, яке було розглянуто на засіданні науково-технічної секції науково-дослідного управління розвитку ОВТ спеціальних військ ЦНДІ ОВТ і за рішенням секції зараз знаходиться на узгодженні в Департаменті озброєння і військової техніки (ДОВТ) та ДП «ЛГЗ «Лорта». За власні кошти АТ «Елемент» був розроблений і виготовлений дослідний зразок КМП-У, в якому значно поліпшені характеристики вимірювальних каналів у порівнянні з метеокомплексом «Положення-2АМК», введено низку нових параметрів і опцій, таких як обчислення метеоправок при стрільбі, розрахунок метеосередніх, наявність радіоканалу для передачі даних, передбачений антиобморожувач, електронний компас і ін. (Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, Львів, 14–15 травня 2015 р., с. 9). Так само завдяки реагуванню цивільного сектору у військах у 2015 р. з'явилися БПАК А1-С «Фурія» виробництва київського ТОВ НВП «Атлон-Авіа». Коли на озброєнні в ЗСУ близько 24 штатних БПАК, і до 3-4 десятків комплексів постачаються волонтерами, саме дослідні структури мають допомогти з прийняттям рішень.

2.3. Забезпечити уніфікацію переозброєння та переоснащення ЗСУ з урахуванням моніторингу та орієнтуванням на нові технології. Це шлях економії в майбутньому.

Зокрема, Україна захопилася численними поставками легких броньованих машин різних модифікацій, їх – близько двох десятків. А деякі прототипи профінансували навіть інші держави. Так, США профінансували виготовлення прототипу українського бронеавтомобіля «Козак 2014» (близько 200 тис. дол.). Це не є позитивною тенденцією, враховуючи необхідність налагодження сервісу, поставок запасних частин та іншого. М. Борисюк, який протягом двох десятиліть був генеральним конструктором бронетанкобудування України, навапи, застерігає не захоплюватися наявністю на озброєнні відразу кількох десятків модифікацій такої техніки. Навіть для такого військового монстра, як СРСР, було важко мати на озброєнні три модифікації танків. А Україна й поготів захлинеється (виступ М. Борисюка під час форуму «Зброя та безпека», 25.09.2015).

Так само варто здійснювати постійний моніторинг та оперативно реагувати на питання якості ОВТ, армійської екіпіровки та оснащення. Наприклад, відомо, що новий технологічний кластер UA.RPA (організований І. Кабаненком) досяг суттєвого покращення технічних характеристик шоломів порівняно зі створюваними раніше підприємством «Темп-3000». То ж результати конкуренції варто враховувати, не допускаючи протекціонізму щодо окремих підприємств.

Ще одним важливим елементом новостворюваної системи, виходячи з суперечливого досвіду двох років

жахливої війни, має стати *цілеспрямований і безперервний контроль Головного замовника ОВТ – Міністерства оборони та Головного виконавця – органу Кабінету Міністрів (до його створення – ДК «Укроборонпром» та інших оборонних підприємств з оборонно-промисловим профілем)*. Для цього необхідно удосконалити в Україні систему парламентського та громадського контролю за сферою безпеки і оборони держави. Серед іншого – створити спеціальну комісію Верховної Ради України з розширення парламентського та громадського контролю.

І. В. БОРОХВОСТОВ,

кандидат технічних наук

(Центральний науково-дослідний інститут

озброєння та військової техніки

Збройних Сил України, м. Київ)

Обґрунтування шляхів забезпечення Збройних Сил озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей оборонно-промислового комплексу України (Частина 1)

Розглянуто основні етапи воєнно-економічного аналізу при виборі шляхів постачання у війська озброєння та військової техніки, виходячи з можливості їх розроблення та виробництва на підприємствах оборонно-промислового комплексу України. Визначений перелік та зміст вихідних даних для аналізу, розроблений алгоритм, обґрунтовані пріоритетні шляхи та висвітлені умови, позитивні і негативні аспекти їх обрання.

Рассмотрены основные этапы воєнно-экономического анализа при выборе путей поставок в войска вооружения и военной техники, исходя из возможностей их разработки и производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса Украины. Определен перечень и содержание исходных данных для анализа, разработан алгоритм, обоснованы приоритетные пути и освещены условия, положительные и негативные аспекты их выбора.

Завдання обрання оптимального та економічно доцільного шляху забезпечення потреб Збройних Сил (ЗС) в озброєнні та військовій техніці (ОВТ) є складним та різноплановим, а його виконання супроводжується проведенням певної кількості досліджень у наукових установах Міністерства оборони та Генерального штабу ЗС України, що включають такі аспекти:

прогнозування воєнно-політичної обстановки навколо України;

визначення світових тенденцій якісного розвитку ОВТ;

прогнозування розвитку технологій виробництва ОВТ і технологічного оснащення підприємств оборонної промисловості України;

прогноз зміни кількісно-якісного складу (КЯС) ОВТ ЗС України.

Як відомо, у період існування Радянського Союзу зразки (комплекси, системи) ОВТ, якими оснащалися ЗС, розроблялися та вироблялися за замкненим циклом всередині держави. Лише незначна частина ОВТ поставлялася з країн Організації Варшавського Договору (ОВД), що вироблялися відповідно до міжнародного поділу праці в державах - членах Ради економічної взаємодопомоги. Розпад ОВД та СРСР спричинив утворення нових держав і розрив економічних зв'язків між організаціями, підприємствами і компаніями розробників та виробників ОВТ. У результаті навіть Російська Федерація (РФ), на території якої була зосереджена головна частина військово-промислового комплексу СРСР, зараз не може самостійно виробляти всю потрібну їй номенклатуру зразків ОВТ. Враховуючи, що на момент розпаду СРСР оборонно-промисловий комплекс (ОПК) України складав 30 % союзного, відсоток ОВТ, що Україна може самостійно виробляти, ще менше, ніж у РФ [1]. Від імпорتنних поставок значною мірою залежать українські підприємства електронної, електротехнічної та деяких інших галузей, що пов'язано з відсутністю в Україні олова, нікелю, міді, дорогоцінних металів. До підприємств, що найбільше залежать від імпорту, необхідно віднести також авіаційні і суднобудівні заводи.

Підприємства України різних форм власності, що виробляють товари військового призначення, які в подальшому в статті будемо для спрощення іменувати ОПК, на теперішній час спроможні виробляти за замкненим циклом лише близько 10% загальної номенклатури ОВТ для потреб ЗС України та сектору безпеки і оборони в цілому [2–6]. Тобто замкнених циклів виробництва за переважною більшістю номенклатури зразків ОВТ в Україні не існує. У цілому стан ОПК України характеризується [1]:

неможливістю задоволення потреб ЗС держави в ОВТ у повному обсязі;

фрагментацією галузі та диспропорціями в її сегментах;

переважно державною формою власності на підприємствах і неефективністю управління на національному, галузевому рівнях та на рівні підприємств;

низьким рівнем технологічної оснащеності та нестачею ресурсів (управлінських, кадрових, фінансових) для розвитку, ускладненим доступом до інвестиційних і кредитних ресурсів;

значною залежністю від іноземних постачальників і замовників, низьким рівнем диверсифікованості підприємств ОПК;

слабким залученням до міжнародної кооперації.

Сьогодні вітчизняний ОПК має науково-технічний потенціал для створення конкурентоспроможних зразків ОВТ за такими напрямками, як військово-транспортна авіація, високоточне ракетне озброєння повітряного та наземного базування, радіолокаційні станції, системи супутникової навігації та електронної протидії, модернізація зенітних ракетних комплексів, виробництво патрульних катерів, танкове, авіаційне та корабельне двигунобудування, створення космічних апаратів, ракетноносіїв і ракетного озброєння тощо.

Але за відсутності цільової державної політики та науково обґрунтованих шляхів її реалізації щодо визначення головних напрямів розвитку, реструктуризації і диверсифікації ОПК цей процес значною мірою відбувається стихійно як через об'єктивні економічні фактори розвитку держави, так і під впливом таких суб'єктивних чинників, як менеджерські здібності та технічна грамотність керівників підприємств, ставлення місцевих органів влади тощо [1, 3, 6].

Отже, у сучасних умовах, коли через систематичне недофінансування стан українського ОВТ характеризується значним фізичним і моральним зносом, а ОПК має тенденцію до деградації, у практичну площину встає проблема тотального переозброєння ЗС України. Розв'язати цю проблему самостійно, на жаль, Україна не може та змушена шукати інші шляхи оснащення власних ЗС ОВТ, що будуть відрізнятися для кожного типу в залежності від його існуючого кількісно-якісного складу (КЯС), можливостей ОПК України та економічних можливостей держави в цілому.

Розглянемо послідовність заходів або алгоритм дій, що, на наш погляд, доцільно (необхідно) проводити під

час наукового обґрунтування та прийняття рішень щодо вибору шляхів забезпечення ЗС ОВТ на етапі формування середньострокових програм розвитку ОВТ (рис. 1).

Цілком природно, що задоволення потреб ЗС України в ОВТ має відбуватися за умов мінімізації витрат держави на їх придбання, експлуатацію (бойове застосування) та утилізацію. Для цього в межах проведення наукових досліджень з тактико-техніко-економічного обґрунтування заходів середньострокових програм розвитку ОВТ, що розробляються на 6 років [7], проводиться пошук можливості досягнення (дотримання) визначеного ГШ ЗС України бойового потенціалу угруповань військ.

Тут під «бойовим потенціалом», через багатоваріантність та суперечливість його визначення та розрахунку, будемо розуміти КЯС ОВТ ЗС України, який обґрунтовується ГШ ЗС України на основі існуючих або потенціальних загроз національній безпеці України. Зазначений КЯС ОВТ є, по суті, потребою ЗС України в номенклатурі, кількості та якості ОВТ або «моделлю» системи озброєння ЗС України.

Виходячи із зазначеного, цільовою функцією досліджень щодо пошуку можливих шляхів оснащення ЗС України ОВТ має бути мінімізація різниці між потрібним КЯС та динамікою зміни існуючого КЯС у середньостроковій перспективі. З іншого боку, існують певні об'єктивні обмеження щодо задоволення потреб ЗС України в ОВТ, що пов'язані з наявністю або відсутністю технологічного оснащення та відповідних виробничих потужностей підприємств ОПК України тощо.

Іншими словами, вихідними даними на початковому етапі розроблення середньострокової програми розвитку ОВТ виступають, в залежності від початкових умов та визначеної динаміки компенсації некомплекту ОВТ (див. рис. 1):

1. Щорічна потреба у кількості ОВТ кожного типу, які повинні надходити до військ.

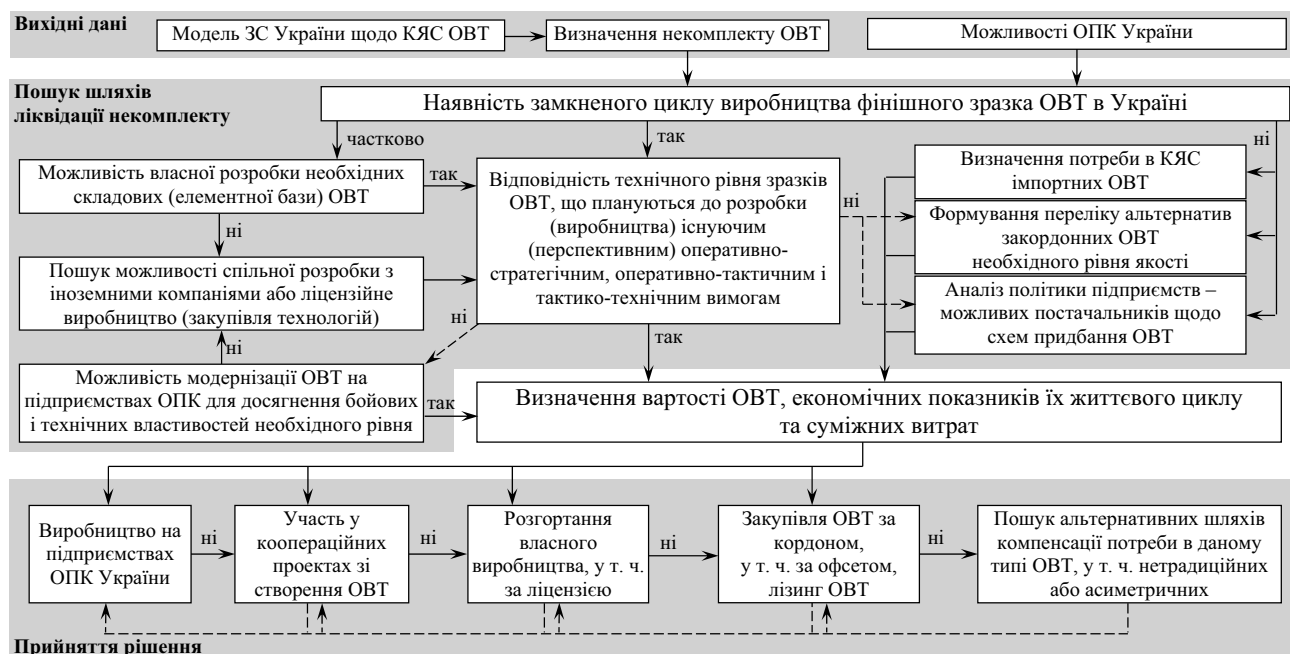


Рис. 1. Послідовність заходів (алгоритм дій) при прийнятті рішення щодо шляхів забезпечення ЗС ОВТ

2. Початковий потенціал вітчизняного ОПК щодо створення та виробництва необхідної номенклатури ОВТ потрібного рівня якості (бойових і технічних властивостей).

Визначення щорічної потреби у кількості ОВТ кожного типу, що повинні надходити до військ, буде залежати:

від поточного некомплекту для досягнення потреби з урахуванням виведення з експлуатації ОВТ за рахунок фізичного старіння в поточному році та результатів виконання відповідних програмних заходів у попередні роки;

від намагання (необхідності та доцільності) у покращенні КЯС (заміни морально застарілих) ОВТ угруповань військ (сил) за рахунок оновлення (модернізації, заміни на нові) зразки ОВТ даного типу з урахуванням економічних можливостей держави.

На рис. 2 графічно показані приклади найбільш розповсюджених часткових випадків початкового стану КЯС певного типу ОВТ, гіпотетичні динаміка його зміни за рахунок фізичного і морального старіння та варіанти поступової програмної компенсації некомплекту.

Початковий потенціал або можливості вітчизняного ОПК щодо створення та виробництва необхідної номенклатури ОВТ, що мають бойові та технічні властивості потрібного рівня, характеризуються:

наявністю технологічного оснащення, виробничих потужностей і навченого персоналу для виготовлення певної номенклатури ОВТ за замкненим циклом;

переліком робіт, що підприємства виконують власними потужностями в разі існування залежності від імпорتنих комплектуючих виробів (вузлів, агрегатів) та послуг.

Рис. 2. Часткові випадки динаміки зміни КЯС певного типу ОВТ у середньостроковій перспективі:

1 – потреба у кількості ОВТ на кінець програмного періоду;

2 – динаміка запланованої зміни кількості ОВТ з урахуванням компенсації поточного некомплекту, фізичного і морального старіння;

3 – початкова кількість ОВТ;

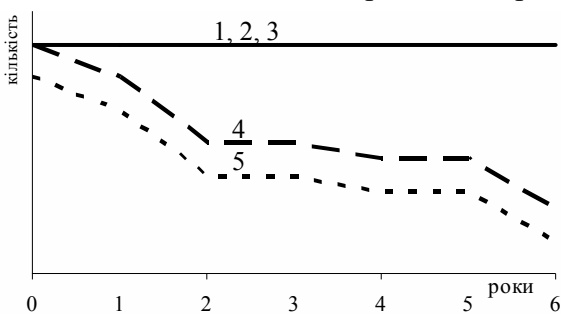
4 – динаміка зміни кількості ОВТ за рахунок фізичного старіння;

5 – динаміка зміни кількості ОВТ за рахунок морального старіння

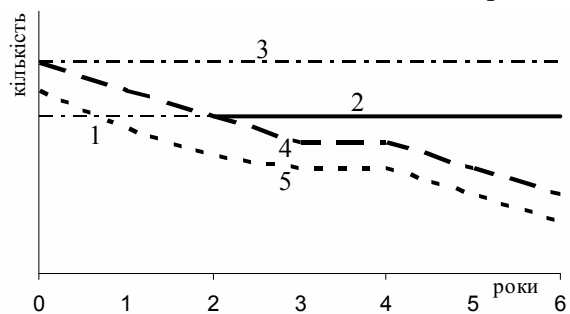
У результаті аналізу можливостей ОПК України для подальших досліджень необхідно отримати відомості про частку вітчизняних підприємств у процесі розроблення та виробництва ОВТ кожного типу за всією номенклатурою зразків, що потрібно поставити у війська в середньостроковій перспективі, у тому числі про потенційні можливості підприємств. Відповідно, отримується перелік окремих вузлів, агрегатів, інших складових ОВТ, що не виробляються та потенційно не можуть бути вироблені на підприємствах ОПК України без суттєвих фінансових, матеріальних, часових та людських витрат (рис. 3).

Крім того, може виникнути інша ситуація, коли при наявності в Україні підприємств, що виробляють окремі вузли, агрегати та інші складові ОВТ, виробничі потужності щодо створення (складання) зразка в цілому відсутні.

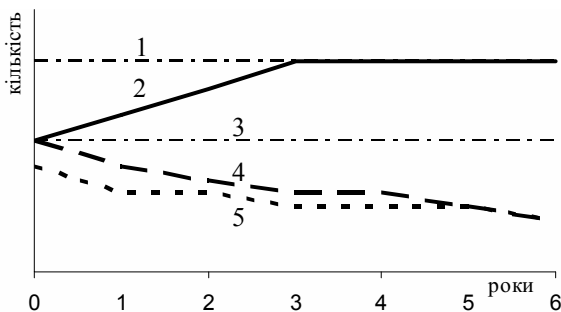
а – початкова кількість дорівнює потребі



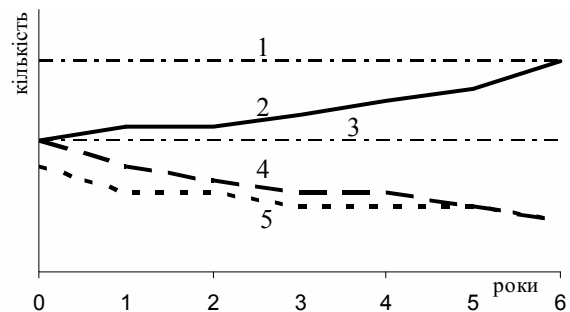
б – початкова кількість більше потреби



в – початкова кількість менше потреби, форсована ліквідація некомплекту



г – початкова кількість менше потреби, поступова ліквідація некомплекту протягом програмного періоду



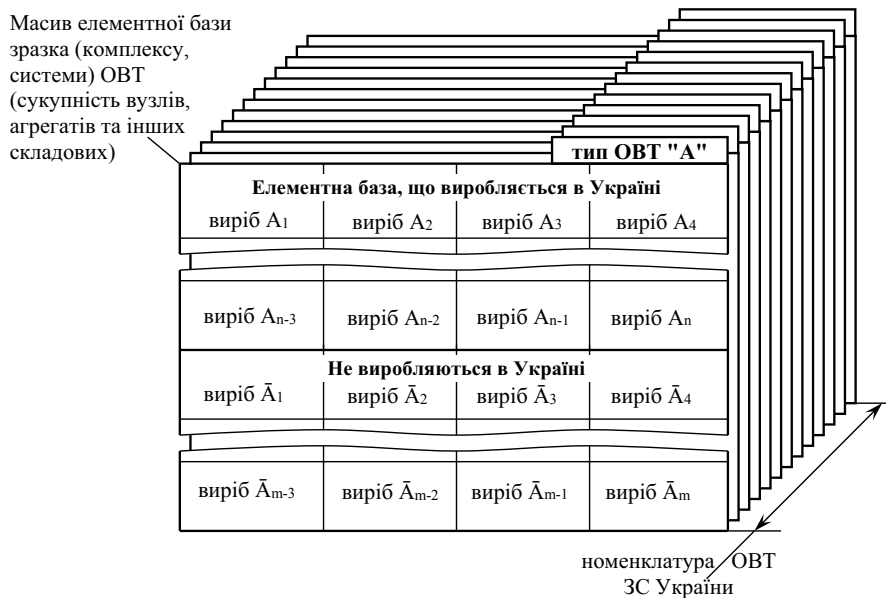


Рис. 3. Структура вихідних даних про можливості підприємств ОПК щодо створення та виробництва потрібної для ЗС номенклатури ОВТ

Сформовані у описаний вище спосіб вихідні дані надають можливість розпочати процес пошуку шляхів задоволення потреб ЗС України в ОВТ.

На даний час в Україні існує система озброєння, що була сформована за часів Радянського Союзу та має відповідну залежність від військової інфраструктури, наявності фахівців з обслуговування і бойового застосування ОВТ та системи їх підготовки, конструкторсько-технологічної і виробничої бази підприємств ОПК тощо. Цілком природно, що перехід на марки ОВТ, що розроблені за стандартами ISO для ЗС країн - членів НАТО, потребує відповідної заміни суміжних за призначенням зразків на ОВТ закордонного виробництва, а найчастіше й переобладнання всієї військової інфраструктури або значної її частини, підготовки фахівців за кордоном тощо. Крім того, в процесі експлуатації, бойової підготовки та застосування за призначенням виникає залежність від іноземної системи технічного обслуговування і ремонту, закупівлі за кордоном запасних частин, комплектуючих, боеприпасів (ракет). Така докорінна зміна системи озброєння потребує великих фінансових, матеріальних, людських і часових витрат, та з огляду на економічні спроможності України в переважній більшості випадків є недоцільною. Тому закупівля за кордоном того чи іншого зразка (комплексу, системи) ОВТ або їх складових (окремих комплектуючих виробів, вузлів і агрегатів) повинна розглядатися після проведення детального тактико-техніко-економічного обґрунтування такого шляху в разі неможливості або недоцільності виробництва на Україні.

Виходячи із зазначеного, під час дослідження шляхів забезпечення ЗС ОВТ необхідно виходити з потенційних можливостей ОПК України, тому пріоритетність вибору відповідного шляху при прийнятті управлінських рішень, в ідеалі, повинна відповідати такій послідовності (див. рис. 1):

1. Розроблення та/або виробництво ОВТ, складових частин (вузлів, агрегатів) на підприємствах ОПК України.
2. Участь у коопераційних проектах зі створення ОВТ, складових частин (вузлів, агрегатів).
3. Ліцензійне виробництво ОВТ, складових частин (вузлів, агрегатів) на підприємствах ОПК України.
4. Розгортання виробництва ОВТ, складових частин (вузлів, агрегатів) на підприємствах ОПК України або побудова нових підприємств.
5. Закупівля ОВТ за кордоном, в тому числі за офсетом, лізинг ОВТ.
6. Пошук альтернативних шляхів компенсації потреби в даному типі ОВТ, у т. ч. нетрадиційних або асиметричних.

Розроблення та/або виробництво ОВТ, складових частин (вузлів, агрегатів) на підприємствах ОПК України є ідеальним варіантом у разі наявності в країні конструкторсько-технологічних можливостей, виробничих потужностей та відповідного кадрового потенціалу (рис. 4).

Власне виробництво забезпечує його контроль з боку держави та мобілізаційні можливості, відповідає принципам протекціоністської оборонно-промислової політики щодо вітчизняних виробників, виключає залежність від закордонних постачальників, може підвищити надійність поставок і має багато інших позитивних сторін. Однак реалізація зазначених переваг у сучасних умовах стає все більш непевною. Наприклад, надійність поставок певних виробів на конкурентному сегменті світового ринку може бути вище, ніж вітчизняного підприємства, яке балансує на грані банкрутства. Крім того, крупносерійні сучасні закордонні зразки можуть бути більш високої якості та мати істотні переваги в ціні в порівнянні з дрібносерійною продукцією вітчизняного підприємства рівня 80–90-х рр.

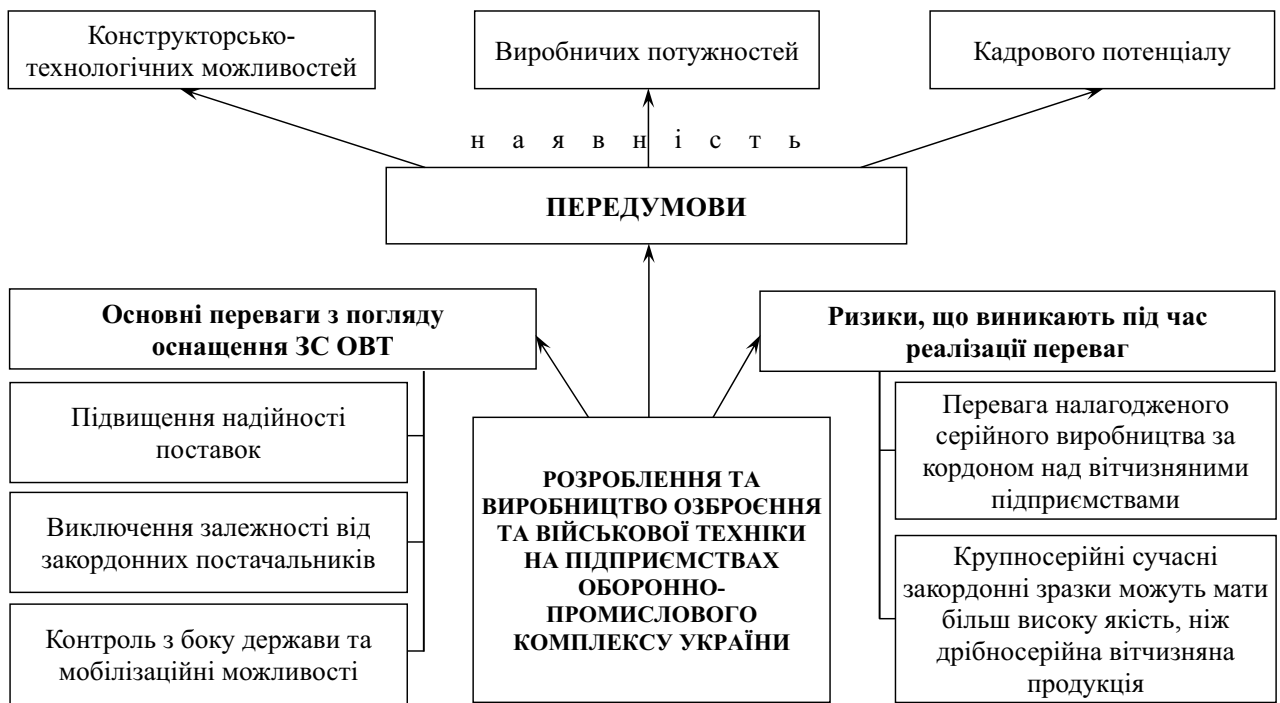


Рис. 4. Передумови, переваги і ризики розроблення та виробництва ОВТ на підприємствах ОПК України

Але на даний час забезпечити необхідний для національного виробництва озброєння обсяг науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, темп інвестицій в ОПК та на передовому рівні розробляти і підтримувати виробництво всієї номенклатури ОВТ та їх складових частин не здатна жодна країна у світі, включаючи США.

Така ситуація обумовлює необхідність для України поширення участі в **коопераційних проєктах зі створення ОВТ**, складових частин (вузлів, агрегатів), що в переважній більшості випадків є сприятливішою та економічно доцільнішою в порівнянні з ліцензійним виробництвом та іншими через можливість залучення до створення наукомістких виробів з високою часткою доданої вартості, кількісна потреба яких у ЗС України недостатня для розгортання серійного виробництва, а загальна потреба країн, що беруть участь у кооперації, дозволяє зменшити вартість одиничного зразка (рис. 5).

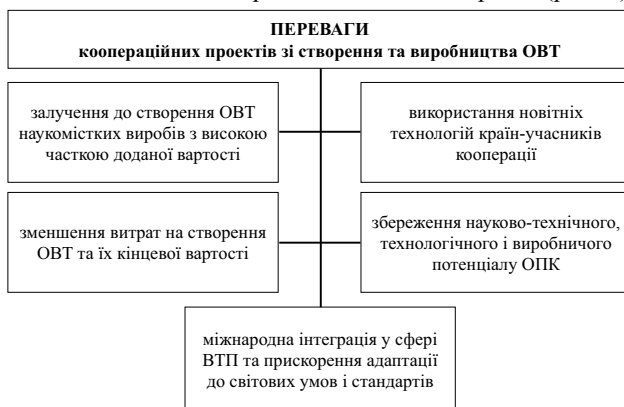


Рис. 5. Переваги коопераційних проєктів зі створення та виробництва ОВТ

Цей шлях є практично єдиною реальною можливістю для держави з ослабленою економікою брати активну участь у розробці і серійному виробництві зразків ОВТ та їх складових (комплектуючих) елементів, впливати на їх характеристики, а також використовувати новітні технології, якими володіють держави – учасники кооперації. Спільне виробництво ОВТ у кооперації з іншими країнами забезпечує, при однозначному зменшенні витрат на створення ОВТ, збереження науково-технічного і виробничого потенціалів ОПК, надає можливість розвивати його за пріоритетними напрямками, сприяє міжнародній інтеграції у сфері ВТП та прискорює адаптацію до світових умов і стандартів [8].

Після Другої світової війни передача різним країнам ліцензій на виробництво ОВТ та **налагодження ліцензійного виробництва** стало першим кроком на шляху становлення міжнародної військово-промислової кооперації. Ліцензійні угоди створили передумови для розвитку більш високих форм міжнародної науково-виробничої кооперації різної складності в галузі військової продукції: від спільної модернізації поставлених раніше ОВТ до спільної розробки, виробництва та поставки в треті країни нових зразків. Тому ліцензійне виробництво певної номенклатури ОВТ або їх складових частин буде доцільно тільки в разі відсутності можливості кооперації в рамках міжнародного військово-технічного співробітництва (ВТС).

Цей шлях використовується при відсутності науково-технічної, технологічної і виробничої бази для створення потрібного для власних ЗС ОВТ. Він дає можливість отримати відсутні в країні технології та, у перспективі, перейти до створення даного виду (типу) ОВТ власними силами.

Закупівлю зразків ОВТ за кордоном використовують держави, які не спроможні самостійно або в кооперації з будь-ким створювати ОВТ, а також при незначній потребі в даному зразку ОВТ. **Лізинг ОВТ** використовується, як правило, для отримання занадто дорогого озброєння, коли немає необхідних коштів для його закупівлі.

Отже, наукові дослідження з вибору одного із зазначених вище шляхів постачання до військ ОВТ полягають у проведенні воєнно-економічного аналізу, який на основі визначених вихідних даних щодо КЯС існуючого і потрібного ОВТ та можливостей ОПК України дозволить виконати завдання щодо досягнення (або підтримання на необхідному рівні якості) потрібної «моделі» системи озброєння ЗС України з мінімальними витратами на всіх етапах життєвого циклу зразків (комплексів, систем) ОВТ.

На початку досліджень визначається рівень повноти власного виробництва кожного з потрібних типів (марок) ОВТ – від наявності замкненого циклу – через певну ступінь часткового виробництва – до повної відсутності галузі в Україні.

У разі наявності замкненого циклу досліджується відповідність зразка, що планується до розроблення (виробництва), оперативно-стратегічним, оперативно-тактичним та тактико-технічним вимогам, що ставляться Міністерством оборони та Генеральним штабом ЗС України після проведення відповідних наукових обґрунтувань (див. рис. 1).

Якщо ОПК України спроможний розробити та поставити на серійне виробництво зразок (комплекс, систему) ОВТ з властивостями, що задовольняють поставлені вимоги, дослідження переходять до наступного етапу щодо визначення прогностичних економічних показників, таких як:

вартість закупівлі зразка ОВТ з урахуванням планового розміру серійності;

економічні показники життєвого циклу зразка ОВТ з урахуванням його експлуатації за умови проведення планової бойової підготовки та бойового застосування, у тому числі вартість ракет і боєприпасів (для бойової техніки);

вартість створення і утримання відповідної військової інфраструктури;

вартість тренажерів у потрібній кількості, що забезпечить планове навчання особового складу відповідних штатних підрозділів і частин (для дорогих типів бойової техніки і високоточних засобів ураження);

вартість та часові показники підготовки персоналу з технічного обслуговування упродовж життєвого циклу зразка (комплексу, системи) ОВТ.

У разі, коли зразок (комплекс, система) ОВТ, який спроможна виробляти вітчизняна промисловість за замкненим циклом, не відповідає сучасним вимогам, тобто є морально застарілим, проводяться дослідження щодо можливості та доцільності його модернізації на підприємствах ОПК України з метою доведення його ТТХ до необхідного рівня (див. рис. 1). Паралельно, в залежності від обсягів та ступеня складності

розроблення, проводиться пошук закордонних аналогів, елементи якого будуть розкрити нижче.

Якщо зразок (комплекс, система) ОВТ має достатній модернізаційний потенціал, а вітчизняна конструкторсько-технологічна база – відповідні можливості для досягнення необхідного рівня якісних властивостей, проводиться зазначений вище комплекс досліджень з визначення економічної доцільності модернізації зразка. У разі відсутності необхідного потенціалу проводиться пошук можливості спільного розроблення потрібної номенклатури комплектуючих виробів або зразка в цілому.

При частковій можливості виробництва фінішного зразка (комплексу, системи) ОВТ у разі відсутності власних потужностей або технологічного оснащення для виробництва комплектуючих виробів (складання фінішного зразка) проводяться дослідження щодо можливості їх розроблення у вітчизняних конструкторських бюро. При цьому враховуються наявні конструкторські напрацювання в цьому напрямі, наявність кадрового потенціалу, фінансово-економічні і часові показники проведення відповідних ДКР, розроблення технологій та освоєння виробництва.

Якщо розгортання власного виробництва виявляється занадто складним або таким, що потребує значних фінансових, матеріальних, людських та часових витрат, паралельно виконується аналіз можливості спільного розроблення необхідних виробів з іноземними підприємствами (фірмами, компаніями, корпораціями тощо) або закупівлі готових виробів, які задовольняють вимогам, що висуваються.

У разі відсутності на Україні конструкторсько-технологічної та виробничої бази для створення і серійного виробництва певного типу зразка (комплексу, системи) ОВТ з потрібними якісними властивостями, а також при неможливості його самостійного або спільного з іншими країнами створення проводяться дослідження з пошуку можливості закупівлі за кордоном альтернативних зразків або комплектуючих виробів для модернізації існуючих на озброєнні в Україні ОВТ. Для цього (див. рис. 1):

визначається потреба у номенклатурі, кількості та якості ОВТ (комплектуючих виробів) іноземного виробництва;

формується перелік альтернатив закордонного ОВТ необхідного рівня якості різних країн-виробників;

проводиться аналіз політики підприємств – можливих постачальників щодо схем придбання ОВТ.

(Закінчення в наступному номері журналу)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воєнно-технічна політика : проблеми формування та управління : моногр. [Текст] / В. О. Смірнов, Л. М. Ленський, С. В. Жданов ; за заг. ред. В. О. Смірнова. – К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2011. – 216 с.
2. Чепков, И. Б. О необходимости реформирования отечественной оборонной промышленности (системный подход) [Текст] / И. Б. Чепков,

- М. И. Луханин, В. Е. Сиренко // Технологические системы. – 2015. – № 1 (70). – С. 7–42.
3. Луханін, М. І. Методологічні основи та науково-методичні підходи до реструктуризації оборонних підприємств [Текст] / М. І. Луханін, В. Є. Сіренко, М. А. Чернега // Технологические системы. – 2015. – № 2 (71). – С. 13–32.
 4. Луханин, М. И. Реформирование оборонно-промышленного комплекса. Начало [Текст] / М. И. Луханин, А. А. Гультяев, В. Е. Сиренко // Технологические системы. – 2015. – № 3 (72). – С. 7–44.
 5. Зубарєв, В. В. Шляхи вибору стратегічних напрямів модернізації та реформування оборонної промисловості України [Текст] / В. В. Зубарєв, С. В. Ленков, О. В. Селюков, П. П. Скурський // Наука і оборона. – 2008. – № 1. – С. 33–38.
 6. Нікітін, А. М. Підходи до побудови сучасної моделі оборонно-промислового комплексу України [Текст] / А. М. Нікітін, П. П. Скурський // Наука і оборона. – 2010. – № 1. – С. 43–48.
 7. Про організацію оборонного планування : закон України від 18 листопада 2004 року № 2198-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2198-15>.
 8. Ваучский, А. Н. Направления развития международной кооперации при создании вооружения (на примере кораблестроения) [Текст] / А. Н. Ваучский // Военная мысль. – 2008. – № 8. – С. 10–22.
- Рецензент М. І. Луханін**, д-р техн. наук, проф.,
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та
військової техніки Збройних Сил України

УДК 623.55.022

В. И. МАКЕЕВ, кандидат технических наук

А. А. ВАКАЛ, кандидат технических наук
(кафедра военной подготовки Сумского государственного университета)

Экспериментальные методы определения аэродинамических коэффициентов нормальной силы и опрокидывающего момента

Рассматриваются методы определения аэродинамических коэффициентов нормальной силы и опрокидывающего момента, лабораторные методы проведения испытаний, описаны технические средства для определения упомянутых аэродинамических коэффициентов, проведена оценка точности их определения одним из методов.

Розглядаються деякі методи визначення аеродинамічних коефіцієнтів нормальної сили і перекидального моменту, наведені лабораторні методи проведення випробувань, описані технічні засоби для визначення згаданих аеродинамічних коефіцієнтів, проведена оцінка точності їх визначення одним з методів.

Поскольку аэродинамические силы и моменты определяют траекторию движения снаряда, баллистический метод может быть использован для определения не только коэффициента лобового сопротивления C_x , но и других основных аэродинамических характеристик [1, 2]. Так, например, изменение поперечных координат центра масс модели при движении по трассе дает возможность найти коэффициент нормальной силы. Изменение углового положения снаряда в функции времени позволяет судить об устойчивости модели и вычислить коэффициент опрокидывающего момента.

Таким образом, регистрируя положение снаряда в пространстве через какие-то промежутки времени и определяя траекторию полета снаряда, получают исходную информацию для расчета аэродинамических характеристик. Для этого разработаны специальные методы математической обработки результатов экспериментов.

1. Методы определения аэродинамических коэффициентов. Наиболее просто аэродинамические коэффициенты определяются при использовании приближенных и частных решений. В этом случае эксперименты проводят при условиях, когда можно применять упрощающие задачу допущения о линейности аэродинамических характеристик (малые углы нутации), об отсутствии демпфирования, о возможности усреднения скорости движения на измеряемом участке траектории [3].

В экспериментальной баллистике для определения параметров траектории движения снаряда применяют метод фотографирования в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и метод стрельб по картонам.

При первом методе используются баллистические трассы, оборудованные специальными станциями фотографирования, расположенными равномерно вдоль трассы (рис. 1). Время между экспозициями регистрируется многоканальными измерителями интервалов времени. Работа серии станций обеспечивается различными системами синхронизации.

Дискретные положения тела в пространстве находят путем измерений по фотографиям координат характерных точек тела и углов, составляемых образующими модели с осями реперной системы, привязанной к лабораторной системе координат. Измерения фотографий, полученных для одного момента времени, но в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, позволяют определить составляющие угла нутации (углы атаки и скольжения). Кроме того, фотографирование с использованием оптических систем визуализации дает одновременно информацию об обтекании тел потоком. Точность расчета аэродинамических характеристик тем выше, чем меньше погрешности измерения времени между экспозициями, чем меньше ошибки измерения линейных и угловых координат положения модели в каждом сечении и чем больше станций расположено на трассе.

Высокое качество экспериментального фотоматериала может быть получено только при малой длительности экспозиции. Так, при $v = 1000$ м/с размытие не превышает 0,1 мм, если обеспечена длительность экспозиции 0,1 мкс.

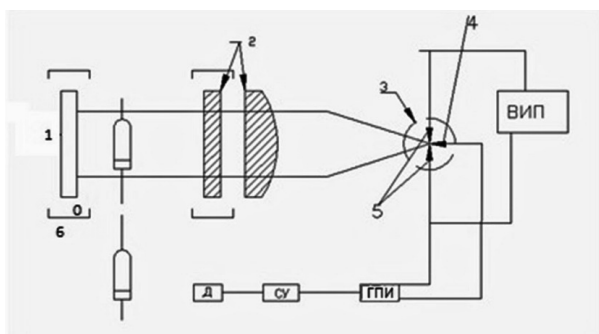


Рис. 1. Схема теневого фотографирования модели с применением искрового генератора:

1 – кассета; 2 – объектив; 3 – искровой разрядник; 4 – поджигающий электрод; 5 – рабочие электроды; 6 – шкала; ВИП – высоковольтный источник питания; ГПИ – генератор поджигающего импульса; СУ – синхронизирующее устройство; Д – датчик регистрации момента пролета

В качестве источников света для высокоскоростного фотографирования могут применяться оптические квантовые генераторы (ОКГ). С их помощью удалось достичь длительности экспозиции 0,01 мкс, что особенно важно при фотографировании тел, летящих со скоростью 3000–5000 м/с. Высокая точность синхронизации и малая длительность экспозиции также обеспечиваются при использовании электрических быстродействующих затворов [1].

При втором методе траекторных измерений координаты центра масс и угловое положение снаряда определяются обмером пробойн в специально обработанном картоне или в прокаленных листах бумаги. Эти листы укрепляются на рамках, устанавливаемых равномерно вдоль трассы перпендикулярно к линии выстрела. При совпадении продольной оси снаряда с вектором скорости пробойна имеет форму окружности, при наличии угла нутации δ – овальную форму (рис. 2). Угол между наибольшей осью овала и вертикальной осью координат – угол прецессии ν . Угол нутации определяют по тарировочному графику, индивидуальному для каждого вида снаряда [2]. Входным параметром графика является отношение размеров большой оси к малой.

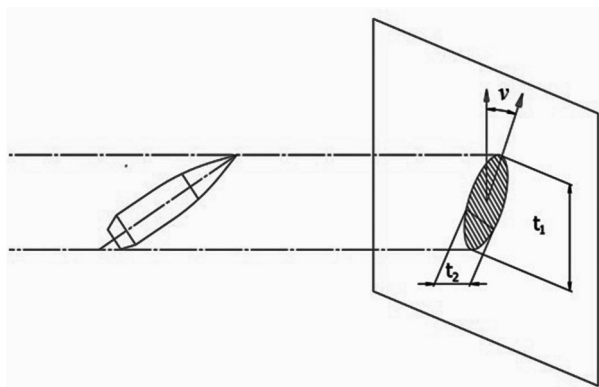


Рис. 2. Вид пробойны в картонной мишени

При достаточном количестве сечений регистрации углов δ и ν на одном периоде нутационных колебаний

можно построить экспериментальную кривую $\delta = f(\nu)$. Установка на трассе датчиков момента пролета позволяет получить зависимости $\delta = f_1(t_1)$, $\nu = f_2(t_2)$, используемые для расчета коэффициента опрокидывающего момента, определения характеристик динамической устойчивости тела и коэффициента демпфирующего момента.

Методика определения аэродинамического коэффициента опрокидывающего момента. Для случая движения гироскопически стабилизированного снаряда на начальном участке траектории с малыми углами нутации δ (до 10–15°) уравнение нутационных колебаний имеет вид [2]

$$\delta = \frac{\dot{\delta}_0}{\alpha\sqrt{\sigma}} \sin \alpha\sqrt{\sigma} t, \quad (1)$$

где α – угловая скорость прецессии, найденная из выражения

$$\alpha = \frac{C r_0}{2A}, \quad (2)$$

$\dot{\delta}_0$ – угловая скорость нутации, σ – коэффициент гироскопической устойчивости, t – время полета снаряда, C – экваториальный момент инерции, r_0 – угловая скорость вращения снарядов, A – полярный момент инерции.

Коэффициент гироскопической устойчивости для данного участка траектории принят по среднему значению ($\sigma = \sigma_{cp}$).

Из уравнения (1) определим полупериод нутационных колебаний [1]

$$\frac{T_\delta}{2} = \frac{\pi}{\alpha\sqrt{\sigma}}, \quad (3)$$

откуда найдем

$$\sigma = \frac{4\pi^2}{\alpha^2 T_\delta^2}. \quad (4)$$

Введя коэффициент $m_1 = \alpha^2 (1 - \sigma)$, получим $m_1 = \alpha^2 (1 - \frac{4\pi^2}{\alpha^2 T_\delta^2})$. Раскрыв значения α и m_1 можно записать

$$\frac{d^2 h}{g A} 10^3 \Delta(y) v_{cp}^2 \overline{K_m} \left(\frac{v}{a} \right) = \frac{c^2 \pi^2 v_0^2}{A \eta^2 d^2} - \frac{4\pi^2}{T_\delta^2}, \quad (5)$$

где $\Delta(y) = \frac{\rho}{\rho_0}$ – соотношение массовой плотности воздуха на высоте y к массовой плотности воздуха на уровне Земли.

В лабораторных условиях принимают $\Delta(y) = 1$. Тогда на участке регистрации при условии, что $v = v_{cp}$, найдем среднее значение коэффициента опрокидывающего момента

$$\overline{K_m} \left(\frac{v}{a} \right) = \frac{\pi^2 g}{d^2 h v_{cp}^2 10^3} \left(\frac{c^2 v_0^2}{A \eta^2 d^2} - \frac{4A}{T_\delta^2} \right), \quad (6)$$

где η – относительная длина хода снарядов, h – плечо опрокидывающего момента; d – калибр снаряда, a – скорость звука.

Величину T_δ , входящую в расчетную формулу, снимают с экспериментального графика $\delta = f(t)$, вид которого для 7,62-мм винтовочной пули при $\eta = 31,5$ показан на рис. 3.

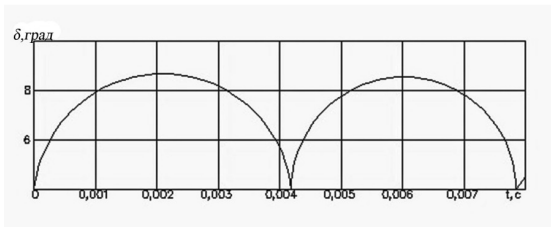


Рис. 3. Экспериментальная зависимость $\delta = f(l)$ для винтовочной пули

Для усиления нутационных колебаний (с целью повышения точности эксперимента) применяют различные дульные насадки механического или газодинамического действия.

Результаты баллистического эксперимента позволяют также определить аэродинамический коэффициент нормальной силы K_N . Решить эту задачу можно двумя способами. Первый способ основан на использовании соотношения между силой лобового сопротивления R_T , нормальной силой R_N (рис. 4) и опрокидывающим моментом M :

$$M = R_T Z \sin \delta + R_N Z \cos \delta, \quad (7)$$

где Z – расстояние между центром масс и центром давления.

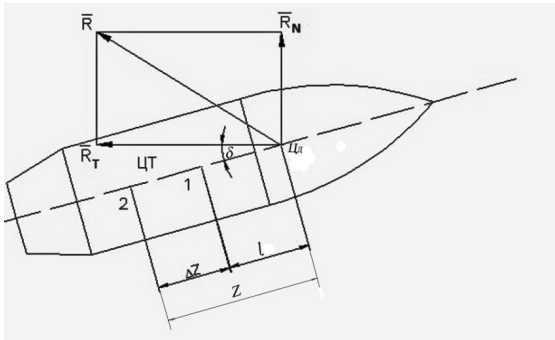


Рис. 4. К определению аэродинамического коэффициента K_N

Полагая угол δ малым ($\sin \delta = \delta$ и $\cos \delta = 1$), имеем

$$M = R_T Z \delta + R_N Z.$$

Заменяя M , R_T и R_N их значениями, получим

$$d h K_M = d Z K_T + l Z K_N, \quad (8)$$

где K_T – коэффициент силы лобового сопротивления.

Зная величины K_M и K_T для данного снаряда, можем использовать это выражение для подсчета аэродинамического коэффициента K_N . Однако еще неизвестна величина Z . Поэтому для определения коэффициента K_N стрельбы производят дважды, смещая во втором случае центр тяжести снаряда (пули) по продольной оси на заданную величину Δz , не изменяя геометрической формы снаряда. При этом считается, что аэродинамический коэффициент K_M изменится, а коэффициенты K_N и K_T останутся постоянными. Для второго случая имеем

$$d(h + \Delta z) K_{M_2} = d(Z + \Delta z) K_T + l(Z + \Delta z) K_N. \quad (9)$$

Исключая из уравнений (8), (9) неизвестное расстояние Z , получим

$$d(h + \Delta z) K_{M_2} - d h K_{M_1} = d \Delta z K_T + l \Delta z K_N,$$

откуда найдем

$$K_N = \frac{d}{l \Delta z} [(h + \Delta z) K_{M_2} - h K_{M_1} - \Delta z K_T], \quad (10)$$

где l – длина снаряда.

Поскольку функции K_{M_1} и K_{M_2} весьма близки по значению, то точность вычисления K_N таким способом невелика и определится с большой относительной ошибкой. Кроме того, смещение центра тяжести может повлиять на характер прецессионно-нутационного движения, а следовательно, изменить положение центра давления. Это значит, что величина Δz в правой и левой частях формулы (9) разная. Наконец, равенство (7) не учитывает влияния угла нутации на величину K_T , что также является причиной дополнительной погрешности. Достоинством этого способа является простота постановки эксперимента.

Второй способ определения коэффициента нормальной силы предполагает построение неподвижной системы координат с целью регистрации пространственного движения центра масс исследуемого тела.

Движение центра масс снаряда под действием нормальной силы показывает, что центр масс совершает сложное движение, состоящее из непериодического движения, определяемого содержащим l членом, и двух круговых периодических с угловыми скоростями вращения ω_1 и ω_2 .

Амплитуда периодического движения с угловой скоростью ω_1 весьма мала по сравнению с амплитудой кругового движения с угловой скоростью ω_2 и практически не влияет на движение центра масс

$$y_1 = \frac{K_N \delta_{\max}}{2 m_1} \left(-2 a \sqrt{\sigma} t - \frac{\omega_2}{\omega_1} \sin \omega_1 t + \frac{\omega_1}{\omega_2} \sin \omega_2 t \right);$$

$$Z_1 = \frac{K_N \delta_{\max}}{2 m_1} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \cos \omega_1 t - 1 \right) - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \cos \omega_2 t - 1 \right), \quad (11)$$

где δ_{\max} – максимальное значение угла нутации.

Регистрируя экспериментальным путем движение центра масс в плоскости YOZ (рис. 5), можно выделить периодическую составляющую $2r_m$, содержащую аэродинамический коэффициент K_N .

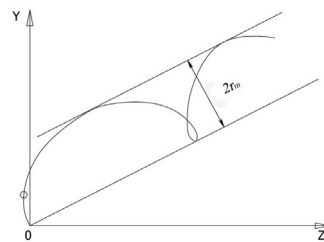


Рис. 5. Экспериментальная запись движения центра масс винтовочной пули в плоскости, перпендикулярной к вектору скорости

Поскольку [1]

$$2r_m = \frac{K_N \delta_{\max}}{m_1} \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (12)$$

можем записать

$$K_N = \frac{2qr_m(1-\sqrt{\sigma})^2\alpha^2}{d10^3v^2\delta_{max}}, \quad (13)$$

где q – вес снаряда, r_m – амплитуда нутационных колебаний.

Точность расчета коэффициента K_N по этой формуле в основном определяется ошибками измерения параметров r_m и δ_{max} .

При использовании метода стрельб по картонам абсолютная точность замера пробойн не превышает 0,5 мм. Следовательно, если величина r_m при стрельбе не превышает 5 мм, погрешность в ее определении будет составлять 10 % и более. Учитывая, что при стрельбе по картонам точность регистрации δ_{max} составляет 5–10 %, получим ориентировочную погрешность в определении K_N , равную 15–20 %. Для повышения точности подсчета K_N следует применять метод фотографирования тела в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [1].

2. Определение характеристик снарядов в аэродинамических трубах. Наряду с развитием аэробаллистического метода классическим инструментом экспериментальной аэродинамики остаются аэродинамические трубы. С их помощью исследуются всевозможные аэродинамические характеристики снарядов и других летательных аппаратов. По сравнению с баллистическим методом продувки в аэродинамических трубах не требуют большого количества моделей, значительно проще задается угловое положение последних, силы и моменты, действующие на модель, определяются непосредственным измерением с помощью аэродинамических весов.

К основным недостаткам применения метода продувок моделей в аэродинамических трубах относятся искажение державкой процесса течения потока и трудность изучения аэродинамических сил и моментов, связанных с вращательным движением снаряда.

В настоящее время при изучении движения моделей в гиперзвуковом потоке применяют аэробаллистические трубы, в которых снаряд (модель) выстреливается навстречу сверхзвуковому потоку.

Исследование силового воздействия потока на модель в аэродинамических трубах основывается на принципе замены прямого движения (полет тела в неподвижной среде) движением среды относительно неподвижно установленного тела.

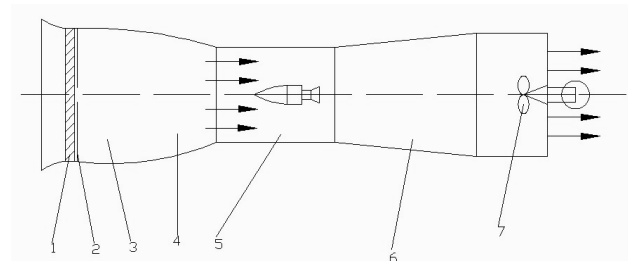


Рис. 6. Основные элементы аэродинамической трубы:
1 – хонейкомб; 2 – сетка; 3 – форкамера; 4 – сопло;
5 – рабочая часть; 6 – диффузор; 7 – привод

В дозвуковую незамкнутую аэродинамическую трубу воздух попадает через форкамеру 3 (рис. 6), выполненную в виде некоторого объема, ограниченного жесткими стенками, с открытой входной частью. Отсюда газ, находящийся под давлением, истекает через сопло 4 в рабочую часть трубы 5. Запас газа в форкамере, необходимый для непрерывной работы трубы, пополняется с помощью вентиляторного привода 7. В форкамере размещаются приемник полного давления, приборы для измерения температур и ряд вспомогательных устройств, к числу которых относятся хонейкомб 1 – сотообразная решетка и детурбулизирующая сетка 2. Хонейкомб разрушает крупные вихри и выравнивает скосы, а сетка способствует созданию равномерного поля скоростей по поперечному сечению форкамеры и уменьшению начальной скорости турбулентности потока.

Сопло трубы 4 (канал определенной конфигурации) обеспечивает получение однородного потока заданной скорости. В рабочей части трубы 5 устанавливают испытываемые модели. Газовый поток здесь должен иметь равномерное поле скоростей, температур и давлений. Рабочие части могут быть открытыми, закрытыми и в виде герметической камеры.

Диффузор 6 – специально спрофилированный канал – располагается сразу за рабочей частью. Он уменьшает скорость потока газа с целью наиболее эффективного превращения его кинетической энергии в энергию давления. Привод аэродинамической трубы – устройство для сообщения потоку газа необходимой энергии, при которой его скорость в рабочей части достигает заданного значения. В качестве привода в дозвуковых трубах часто применяют низконапорные осевые вентиляторы, в сверхзвуковых трубах – многоступенчатые компрессоры.

В зависимости от скорости потока в рабочей части аэродинамические трубы подразделяют на дозвуковые ($0 < M \leq 0,8$), околосзвуковые ($0,8 < M \leq 1,2$), сверхзвуковые ($1,2 < M \leq 5$) и гиперзвуковые ($M > 5$).

Величины аэродинамических коэффициентов, полученных путем продувок, зависят от условий эксперимента в трубах. Для получения достоверных экспериментальных данных обязательно геометрическое подобие модели и натурного, образца, а также обеспечение аэродинамического подобия. В частности, целесообразным считается обеспечение одновременного подобия по числам Маха M и Рейнольдса R_c [3].

Современные аэродинамические трубы позволяют осуществлять весовые испытания, дренажные исследования, а также применять в экспериментах визуальные методы.

Выводы:

1. Рассмотрены экспериментальные методы определения коэффициента опрокидывающего момента фотографированием в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и стрельбой по картонам.

2. По результатам баллистического эксперимента получены зависимости для определения аэродинамического коэффициента нормальной силы по соотношению между силами лобового сопротивления и нормальной силы.

3. Приведены особенности определения аэродинамических характеристик снарядов в аэродинамических трубах.

2. Баллистика ствольных систем [Текст] / РАРАН ; В. В. Бурлов [и др.] ; под ред. Л. Н. Лысенко и А. М. Липанова. – М. : Машиностроение, 2006. – 461 с.

3. Балістична підготовка стрільби, методи і засоби її удосконалення [Текст] : навч. посіб. / М. М. Ляпа, В. І. Макеев, В. М. Петренко [и др.]. – Суми : СумДУ, 2008. – 161 с.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика [Текст] / А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко, С. С. Богодистов. – М. : Машиностроение, 1991. – 640 с.

Рецензент О. О. Расстригин, д-р техн. наук, старший науч. співробітник (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

УДК 358.11

А. П. КОЛЕННИКОВ,*заступник начальника Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України***Є. А. ЦВЕТКОВ,***кандидат військових наук (Національний університет оборони України)*

Визначення кількості пускових установок сучасного ракетного комплексу, потрібних для вогневого ураження противника

На основі результатів аналізу наукових досліджень, досвіду навчань, збройних конфліктів останніх десятиріч щодо застосування ракетних комплексів пропонується підхід до визначення загальної потреби в пускових установках сучасного ракетного комплексу для вогневого ураження противника та на основі його надаються рекомендації щодо організаційної структури ракетного підрозділу в операції оперативного командування.

На основе результатов научных исследований, опыта учений, вооруженных конфликтов последних десятилетий по применению ракетных комплексов предлагается подход к определению общей потребности в пусковых установках современного ракетного комплекса для огневого поражения противника и на его основе даются рекомендации по организационной структуре ракетного подразделения в операции оперативного командования.

Історичний досвід свідчить, що ракетні війська є складовою збройних сил провідних держав світу та основним засобом дальнього вогневого ураження противника в сучасних війнах і збройних конфліктах.

Для розгляду підходів до визначення кількості пускових установок ракетного комплексу, потрібних для вогневого ураження противника в операції оперативного командування Збройних Сил України, необхідно з'ясувати, якими ракетними комплексами повинні комплектуватись підрозділи ракетних військ.

Під терміном *ракетний комплекс* слід розуміти сукупність засобів ураження (ракет та наземного обладнання), засобів розвідки, засобів забезпечення та обслуговування, що потрібні для його бойового застосування та експлуатації. Ракетний комплекс повинен мати такі основні складові: ракета, наземне обладнання, засоби забезпечення та обслуговування [1].

Під час створення нового ракетного комплексу потрібно обов'язково відповісти на такі три основні питання:

перше: які засоби розвідки забезпечать своєчасне і оперативне виявлення та визначення координат об'єктів (цілей), для ураження яких створюється даний комплекс;

друге: які існуючі або перспективні засоби управління забезпечать управління ракетними формуваннями в ході бойових дій у ланці дивізіон – бригада – штаб оперативного об'єднання – Генеральний штаб ЗС України;

третє: які засоби бойового забезпечення сприятимуть виконанню завдань з високою ефективністю?

Крім того, головними особливостями сучасного ракетного комплексу повинні бути: висока точність пусків ракет; малий час бойової готовності до пуску; автономність бойових засобів; високий ступінь автоматизації передстартової підготовки; висока ефективність бойових частин різного призначення; можливість здійснювати пуски ракет та реактивних снарядів з транспортно-пускових контейнерів [2–3]. Таким чином, ракетний комплекс повинен бути багатофункціональним.

Багатофункціональний ракетний комплекс (БФРК) – система озброєння, що включає сукупність функціонально пов'язаних засобів і систем, що забезпечують підготовку і пуск як оперативно-тактичних ракет, так і далекобійних реактивних снарядів для ураження окремих та групових цілей.

Досвід воєнних конфліктів останніх років, у тому числі досвід ведення бойових дій ракетних підрозділів у антитерористичній операції [4], свідчить про те, що основна мета вогневого ураження в сучасній операції оперативного командування буде досягатися застосуванням високоточного ракетного озброєння. Можливості ракетних комплексів нового покоління будуть реалізовуватися на основі новітніх технологій у галузі інформаційно-телекомунікаційних систем, криптографії, стільникових систем зв'язку, систем перехоплення та дешифрування інформації, впровадження „інтелектуальних” бойових частин ракет та бойових частин на нових фізичних принципах.

На сьогодні оперативно-тактичний ракетний комплекс *M39 ATACMS* (*M39 Army Tactical Missile System*)



Рис. 2. Ракетний комплекс 9К720 «Іскандер».

(рис. 1) є єдиною сучасною оперативнo-тактичною ракетною системою наземного базування в сухопутних військах армії США. Подальшим розвитком даного комплексу є розробка ракети *MGM 164 All-In-One-Dispenser* з перспективною модульною гнучкою системою наведення для інтеграції всього комплексу у високоточний засіб.

У ході ведення сучасних бойових дій при швидкоплинній зміні бойового завдання тепер з'являється можливість прямо в польових умовах оперативнo міняти бойове оснащення ракети, використовуючи різні боєприпаси [5]. У перспективі планується продовження робіт з удосконалення ракети *MGM 164* і створення нової її модифікації.

Російський ракетний комплекс „Іскандер” (рис. 2) може комплектуватися десятима типами бойових частин: касетною (з осколковими бойовими елементами неконтактного підриву; кумулятивними осколковими бойовими елементами; самоприцілювальними бойовими елементами); об'ємно-детонуючої дії; осколково-фугасною; фугасно-запалювальною; проникаючою й іншими). Спеціально для комплексу „Іскандер” розроблена система автоматизованого управління, яка може бути інтегрована з різними системами розвідки та управління об'єднання. Інформація про об'єкт ураження передається із супутника, літака-розвідника або безпілотного літального апарата (типу “Рейс-Д”) безпосередньо на пункт інформації ракетної частини [5].

Аналіз характеристик сучасних ракетних комплексів, необхідність виконання завдань щодо вибіркового вогневого ураження критичних об'єктів противника висунуло на порядок денний проблему кількісної оцінки потреби пускових установок у операції об'єднання. Результати дослідження дадуть змогу зробити висновок та розробити рекомендації щодо організаційної структури ракетних підрозділів в Сухопутних військах Збройних Сил України.

Метою статті є на основі аналізу чинників, що впливають на потребу засобів вогневого ураження противника, оцінити існуючі методики визначення обсягу вогневих завдань для ракетних частин і підрозділів у операції об'єднання і на підставі результатів оцінювання

розробити методику обґрунтування доцільної структури бойового складу ракетних підрозділів, що мають на озброєнні сучасний ракетний комплекс, та надати практичні рекомендації щодо організаційної структури ракетних військ у операції оперативного командування з урахуванням вимог до основних характеристик ракетних комплексів та особливостей їх завдань щодо вогневого ураження противника в сучасних умовах.

В основу методики обґрунтування доцільної структури бойового складу ракетних підрозділів, що мають на озброєнні перспективний ракетний комплекс, покладена методика визначення потрібної кількості пускових установок для проведення оборонної операції оперативного угруповання військ (сил), яка розпочинається відбиттям повітряного нападу противника. Досвід командно-штабних навчань та ігор останніх років показує, що напружений період бойових дій для ракетних військ у системі операцій, яка існує, виникає під час безпосереднього відбиття агресії противника, де ракетні підрозділи одночасно повинні виконувати **максимальний обсяг вогневих завдань** як в інтересах оборонної операції оперативного командування, так і в інтересах бойових дій нашої авіації в ході повітряної операції.

Обсяг завдань буде визначатися кількістю об'єктів із складу угруповання противника, що повинні уражатися ракетними військами з урахуванням частки участі (табл. 1). Найбільший обсяг вогневих завдань $I_{вз(рв)}$ є головним критерієм для визначення потреби в ракетах та пускових установках:

$$I_{вз(рв)} = no(y) \text{ Кду} , (1)$$

де Кду – коефіцієнт частки участі ракетних військ у вогневому ураженні основних об'єктів в зоні досяжності (табл. 1);

$no(y)$ – загальна кількість об'єктів ураження в зоні досяжності ракетного комплексу.

Даний обсяг завдань може бути виражений через кількість розрахункових боєприпасів (РБ) з урахуванням завчасно складеної електронної бази щодо потреби в РБ для ураження основних типових об'єктів противника. При цьому потреба в *розрахункових боєприпасах*

Таблиця 1

**Коефіцієнти частки участі засобів вогневого ураження
(в зоні досяжності ракетного комплексу)**

Засоби ураження	Основні об'єкти ураження в складі угруповання противника				
	засоби ядерного нападу та ВТЗ	системи управління, розвідки та РЕБ	авіація на польових аеродромах	засоби ППО	системи тилового та технічного забезпечення
Авіація	0,4	0,4	0,55	0,2	0,35
Ракетні війська	0,3	0,2	0,15	0,5	0,2
РСЗВ	0,2	0,3	0,25	0,2	0,3
Артилерія	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15

$N_{рб(потр)}$ визначається шляхом множення отриманого обсягу завдань для ракетних військ на норму потреби розрахункових боєприпасів для ураження типових об'єктів противника:

$$N_{рб(потр)} = V_{вз(рв)} N_{ij}, \quad (2)$$

де N_{ij} – норма потреби розрахункових боєприпасів для ураження одного типового об'єкта для ракетних військ.

Кількість ракет N_{ij} для сучасного ракетного комплексу, що потрібна для ураження j -го об'єкта, визначається з урахуванням ефективності бойової частини, протидії ПРО противника, своєчасності завдання ракетного удару та надійності функціонування бортової системи ракети (бойової частини) у польоті:

$$N_{ij}(j) = N_o(j) / P_o P_{про} P_{св} P_k, \quad (3)$$

де $N_{ij}(j)$ – витрата ракет для ураження одного j -го об'єкта; $N_o(j)$ – витрата ракет для ураження j -го об'єкта при умові досягнення ракети (бойової частини) цілі з потрібною точністю;

P_o – імовірність завдання шкоди об'єкту із заданою кількістю ракет;

$P_{про}$ – імовірність подолання протиракетної оборони противника;

$P_{св}$ – імовірність своєчасності завдання ракетного удару;

P_k – імовірність надійності функціонування бортової системи ракети (бойової частини) в польоті (конструктивна характеристика).

Кількість потрібних пускових установок M_j визначається з урахуванням надійності функціонування елементів ракетного комплексу і можливих їх втрат від ударів противника:

$$M_j = N_{ij} / n P_p P_{пу} (1 - R), \quad (4)$$

де M_j – потрібна кількість пускових установок для ураження угруповання противника в операційній зоні;

N_{ij} – загальна витрата ракет для ураження угруповання противника в операційній зоні;

n – кількість ракет на пусковій установці;

P_p – імовірність надійності функціонування бортової системи ракети (бойової частини) під час підготовки до пуску та пуску;

$P_{пу}$ – імовірність надійності функціонування пускової установки під час підготовки до пуску та пуску ракети; R – частка можливих втрат пускових установок від ударів противника.

Тому під потрібним бойовим складом ракетних підрозділів слід розуміти необхідну кількість пускових установок, яка б забезпечувала виконання обсягу завдань вогневого ураження в напружений період бойових дій [7].

Загальна потреба пускових установок для оперативного командування Збройних Сил України $M_{зсу}$ може бути визначена як сумарна потреба для виконання завдань вогневого ураження в операційній зоні в інтересах операції оперативного угруповання військ (сил) $M_{юз}$ та завдань, що передбачаються ГШ ЗС України (командуванням ОК) в операції (збройному конфлікті) $M_{гш(гк)}$:

$$M_{зсу} = M_{юз} + M_{гш(гк)}. \quad (5)$$

Аналіз обсягу можливих вогневих завдань у операції оперативного угруповання військ (сил) показує, що кількість найбільш важливих об'єктів ураження противника в зоні досяжності ракетних військ (до 200–250 км) може становити до 50–60 одиниць; з них першочергових (критичних), що визначають оперативну стійкість системи управління військами і зброєю противника – до 20–30. Тому в складі оперативного угруповання військ (сил) для виконання завдань дальнього вогневого ураження повинно бути не менше 16–18 пускових установок сучасного ракетного комплексу.

Організаційна структура ракетного підрозділу, що має на озброєнні перспективний ракетний комплекс з двозарядними (чотиризарядними) пусковими установками, може бути визначена за допомогою варіантної організаційної матриці (табл. 2).

Із двох можливих варіантів, що вказані у таблиці, перевагу має другий варіант. При цьому, виходячи з нових умов ведення сучасної операції, існують такі обмеження:

кількість ракетних підрозділів у операції оперативного командування (оперативного угруповання військ (сил)), з урахуванням «коефіцієнта корисної площі» розміщення угруповання ракетних військ та артилерії в оперативній побудові з'єднання, повинна бути мінімальною;

Варіантна організаційна матриця визначення структури ракетного підрозділу

(на кожній пусковій установці по дві (чотири) ракети, що запускаються з інтервалом 35–40 с)

№ варіанта	<i>Стартова батарея</i>			<i>Ракетний дивізіон</i>		
	кількість стартових відділень	кількість пускових установок	загальна кількість ракет у сбатр	кількість батарей у рдн	кількість пускових установок	загальна кількість ракет у рдн
1-й (дві ракети на ПУ)	2	2	4	3	6	12
2-й (чотири ракети на ПУ)	2	2	8	3	6	24

тактико-технічні характеристики перспективного ракетного комплексу повинні відповідати вимогам не тільки завдання ураження об'єктам противника в операції, але й вимогам міжнародних договорів щодо застосування даного ракетного комплексу.

Тому замість ракетної бригади, яка є в РВіА Збройних Сил України на даному етапі реформування, доцільно мати декілька окремих ракетних дивізіонів у операційній зоні з'єднання (по два-три в кожному оперативному командуванні та один окремих ракетний дивізіон центрального підпорядкування).

Варіант організаційно-штатної структури ракетного формування у вигляді окремого ракетного дивізіону показаний на рис. 1.

Організаційно-штатна структура окремого ракетного дивізіону повинна включати: управління дивізіону (командування, штаб, служби); бойові частини (три стартові ракетні батареї дивізіону); підрозділи управління і бойового забезпечення (взвод управління, взвод інформаційно-розвідувального забезпечення, інженерно-саперний взвод, відділення радіаційно-хімічного та

біологічного (РХБ) захисту); підрозділи технічного і тилового забезпечення (технічний взвод, автомобільний взвод, взвод матеріального забезпечення).

Організаційно окремих ракетний дивізіон може входити до складу оперативного-тактичного угруповання військ оперативного командування і бути одним з основних засобів дальнього вогневого ураження противника в стабілізаційній операції з'єднання.

Усього в дивізіоні може налічуватися: особового складу – до 250 чол., пускових багатозарядних установок – 6 од., транспортно-заряджальних машин з комплектом пакетного заряджання – 6 од., транспортних машин для перевезення ракет-носіїв та бойових частин – до 14, автокранів – 2 од., автомобільної техніки – до 50 од.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Створення високоточної ракетної зброї – це об'єктивний процес розвитку та удосконалення засобів вогневого ураження. Досвід локальних війн останніх років та бойових дій на сході України свідчить, що ефективно вогневе ураження противника високоточними

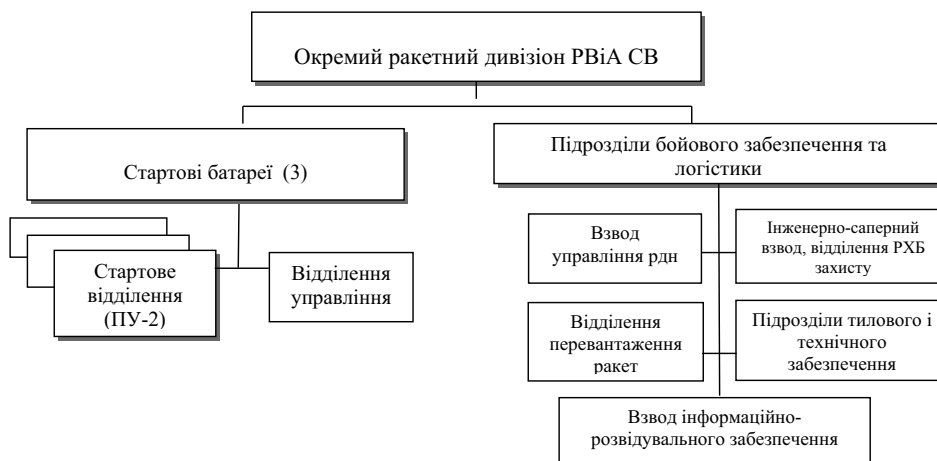


Рис. 1. Організаційна структура окремого ракетного дивізіону РВіА Сухопутних військ Збройних Сил України (варіант)

ракетами з великої відстані дозволяє суттєво скоротити (або взагалі повністю виключити) застосування авіації для ураження найбільш важливих об'єктів противника. Як показує досвід війн, ані подальше збільшення щільності артилерії та авіації, ані збільшення ресурсу і витрати боєприпасів не ведуть до такого підвищення ефективності вогневого ураження, що завдає високо-точне ракетне озброєння.

Екстенсивні методи себе вичерпали, тому застосування ракетних військ приводить до кардинальної зміни не тільки зброї, але і стратегії ведення операції в цілому.

Запропонований підхід щодо визначення потреби пускових установок перспективного ракетного комплексу для вогневого ураження противника дозволяє на практиці забезпечити об'єктивність розрахунку необхідної кількості далекобійних вогневих засобів для операції оперативного командування, а також конкретизувати вимоги до створення раціональної організаційної структури ракетного підрозділу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бобриков, А. А. Определение паспортных характеристик ракетно-артиллерийского вооружения [Текст] / А. А. Бобриков. – М. : Воениздат, 1990. – С. 96–105.
2. Лавров, С. П. Ракетный комплекс «Искандер-Э» – механизм сдерживания [Текст] / С. П. Лавров, В. В. Тарусин // Независимое военное обозрение. – 2001 – № 19. – С. 4–5.
3. Тарасов, В. М. Оцінка ефективності ударів ракет [Текст] / В. М. Тарасов, С. М. Салкуцан. – К. : НАОУ, 2009 – С. 3–9.
4. Слипченко, В. И. Война будущего [Текст] / В. И. Слипченко. – М. : Воениздат, 1999. – С. 33–35.
5. Цветков, Є. А. Прогнозування форм і способів бойового застосування ракетних військ в збройних конфліктах [Текст] / Є. А. Цветков // Збірник наук. праць / НАОУ. – 2003. – С. 27–29.
6. Цветков, Є. А. Еволюція розвитку ракетних військ [Текст] : аналіт. матеріал / Є. А. Цветков. – К. : НАОУ, 2002 – С. 35–43.
7. Цветков, Є. А. Методика планування вогневого ураження противника ракетними військами і артилерією в операціях [Текст] : посіб. / Є. А. Цветков – К. : НАОУ, 2008. – С. 45–47.

Рецензент А. С. Довгополий, д-р техн. наук, проф.,
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та
військової техніки Збройних Сил України

С. П. БІСИК, кандидат технічних наук
І. Б. ЧЕПКОВ, доктор технічних наук
М. І. ВАСЬКІВСЬКИЙ, доктор технічних наук
Л. С. ДАВИДОВСЬКИЙ,
В. Г. КОРБАЧ, кандидат технічних наук
 (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)
О. М. ВИСОЦЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук
Д. М. ЗАХАРЕВИЧ,
 (ПрАТ «Науково-виробниче об'єднання «Практика», м. Київ)

Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2»

Надані результати дослідження протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» з використанням методів числового моделювання. За результатами проведених досліджень сформовані рекомендації щодо підвищення рівня протимінної стійкості автомобіля.

Представлены результаты исследования противоминной стойкости многоцелевого тактического автомобиля «Козак-2» с применением методов численного моделирования. По результатам проведенных исследований сформированы рекомендации по повышению уровня противоминной стойкости автомобиля.

Проведення антитерористичної операції (АТО) у Донецькій та Луганській областях визначило протиріччя між існуючим та необхідним рівнем захищеності бойових броньованих машини (ББМ). На сьогоднішній день терористи розпочали застосовувати тактику диверсійних груп, в основі якої лежить широке застосування способів ведення мінної війни, що останнім часом набуває все більш жорсткого характеру та призводить до значних втрат особового складу та техніки [1, 2].

Крім того, мінна війна має значний деморалізуючий ефект на особовий склад підрозділів ЗС України, зважаючи на недостатній рівень захищеності від дії вибуху. Таким чином, виникає гостра проблема з оперативного підвищення протимінної стійкості вітчизняних зразків ББМ.

Відомо, що першим кроком у боротьбі з протитанковими мінами та саморобними вибуховими пристроями (далі – мінно-вибуховими пристроями (МВП)) є проведення інженерної розвідки та активна протидія їм (подавлення, знешкодження та ін.). Однак всі ці заходи не виключають підризу ББМ на МВП. Тому необхідно забезпечення відповідного рівня пасивного протимінного захисту ББМ.

Проведені експертні опитування показують, що головними загрозами для ББМ є можливість підризу їх на МВП та ураження гранатами РПГ (рис. 1) [3]. Як наслідок, з визначених експертами вимоги до ББМ на перспективу до 2023 р., першим і критичним є формування та виконання вимог зі стійкості до уражаючих факторів підризу МВП (рис. 2).

Аналіз досвіду застосування ББМ у АТО, ще раз підтверджує, що забезпечення захисту екіпажу та десанту ББМ від уражаючих факторів підризу МВП є одним з головних питань, що потребують оперативного вирішення.

Досягнення необхідного захисту екіпажу та десанту ББМ від дії вибуху МВП можливе за рахунок застосування різних конструктивних рішень, основні з яких розглянуті в роботі [4]. Прикладом комплексної реалізації різних конструктивних рішень, що дозволяють значно підвищити виживання особового складу при підризах на МВП та обстрілі із стрілецької зброї, є відносно новий клас ББМ MRAP (англ. Mine Resistant Ambush Protected – «захищені від мін та засідок») [5]. Адекватною відповіддю на ведення терористами мінної війни в зоні АТО є забезпечення військ, що виконують завдання із забезпечення миру та порядку на території Донецької та Луганської областей, ББМ подібного класу.

Однією з машин вітчизняного виробництва, що можна віднести до класу MRAP є багатоцільовий тактичний автомобіль (БТА) «Козак-2» (рис. 3). Попередня (теоретична) оцінка рівня протимінної стійкості якого є важливим кроком до прийняття рішення щодо можливості проведення повноцінних натурних випробувань дії вибуху на конструкцію зразка.

Метою статті є розрахункова (теоретична) оцінка стійкості конструкції багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» до дії фугасного вибухового навантаження з відповідною точністю, виявлення слабких елементів конструкції та надання пропозицій щодо її зміцнення.

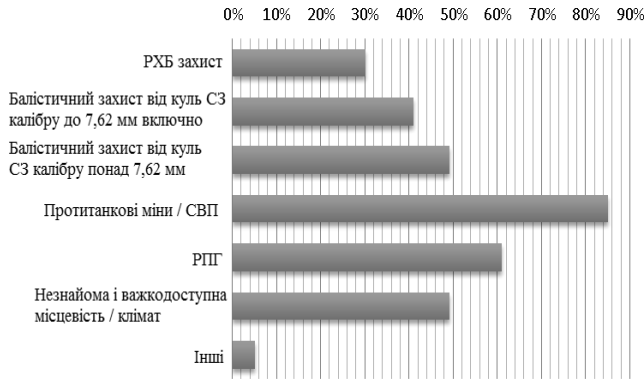


Рис. 1. Загрози для ББМ, що визначені експертним опитуванням



Рис. 3. Загальний вигляд багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2»

Рівні протимінного захисту ББМ визначено в погодженні зі стандартизацією НАТО STANAG 4569 [6]. Для оцінки рівня загроз проведений аналіз протитанкових мін (рис. 4). Кількість розглянутих зразків складає 231 [7, 8]. За результатами проведеного розподілу можливо зробити такі висновки:

- ББМ уражатимуться з більшою імовірністю мінами фугасної дії в порівнянні з іншими типами протитанкових мін (ПТМ);
- активна система протимінного захисту не виключає імовірності підризу ББМ, оскільки 74 % мін обладнані контактним датчиком цілі.

Результати проведеного аналізу вибраної кількості протитанкових мін за розподілом маси вибухової речовини показано на рис. 5. Сформовані групи кластерів за найбільшим значенням у групі (рис. 5, б) дозволяють зробити висновок, що пріоритетним є захист від протитанкових мін з масою вибухової речовини 8 кг у тритиловому еквіваленті.

Ефективним інструментом вирішення проблеми підвищення протимінного захисту ББМ є поєднання математичного моделювання із натурними випробуваннями моделей (макетів) корпусів ББМ та елементів системи комплексного протимінного захисту.

Для проведення оцінки протимінної стійкості БТА «Козак-2» використана математична модель, апробація якої наведена в роботах [9-11].

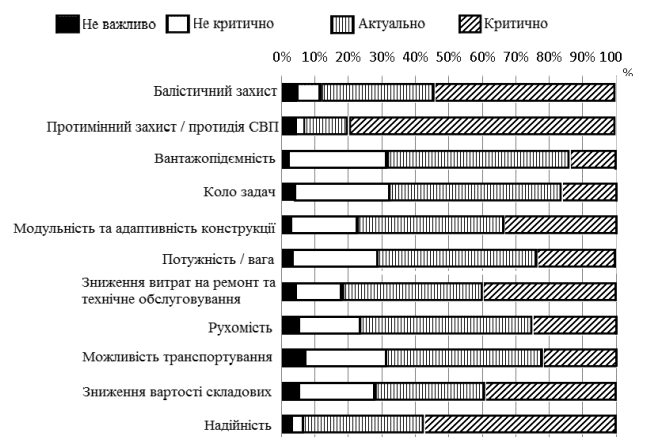


Рис. 2. Основні вимоги до ББМ та актуальність їх виконання в конструкції ББМ за думкою експертів до 2023 року

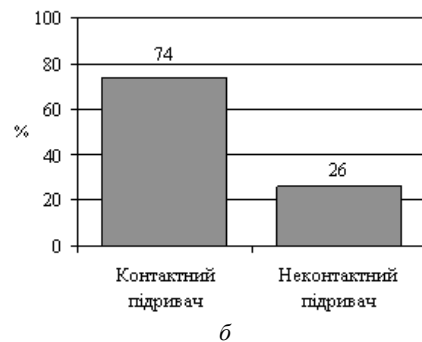
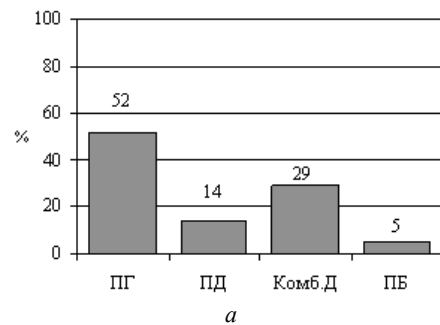


Рис. 4. Аналіз розподілу протитанкових мін: а – за способом завдання збитку, б – за типом датчика цілі, що використовується, в – за уражаючим фактором, яким визначається основна дія; ПГ – протигусенична, ПД – протиднищева, Комб.Д – комбінованої дії, ПБ – протибортюва

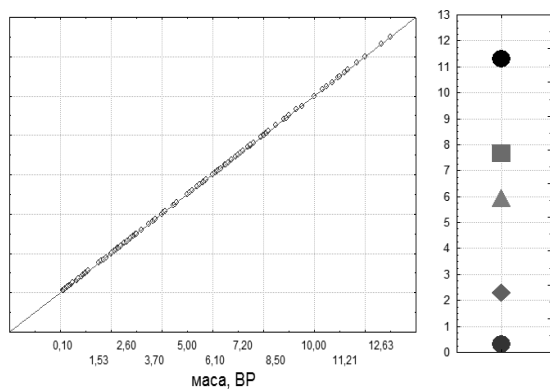


Рис. 5. Розподіл ПТМ за масою ВР у тритиловому еквіваленті:
а – загальний розподіл;
б – групи кластерів за найбільшим значенням у групі

Основні тактико-технічні характеристики зразка наведені в таблиці.

Основні ТТХ БТА «Козак-2»

Найменування	Основні параметри
Екіпаж	10 осіб
Захист	Рівень балістичного захисту ПЗСА-V (за ДСТУ-3975)
Озброєння	Башта з НСВ або НСВТ
Колісна формула	4×4
Повна маса, кг	15 000
Довжина, мм	7155
Ширина, мм	2550
Висота, мм	2760
Висота з баштою, мм	3370
Кліренс, мм	392
Колеса	395/85 R20

При проведенні досліджень на основі геометричної тривимірної поверхневої моделі конструкції БТА «Козак-2» (рис. 6) створена скінченно-елементна модель (рис. 7).

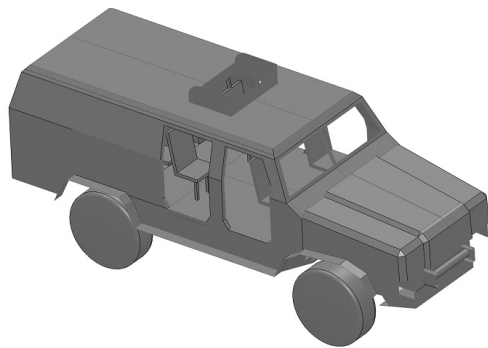


Рис. 6. Геометрична модель корпусу БТА «Козак-2»

Скінченно-елементна модель (СЕ-модель) утворена оболонковими елементами. Для зменшення машинного часу обчислення деталі конструкції, що зазнають значних пружно-пластичних деформацій, поділені на скінченні елементи менших розмірів.

Характеристики СЕ-моделі конструкції зразка:
- кількість деталей корпусу – 157 шт.;
- кількість вузлів – близько 141000;
- кількість оболонкових елементів – близько 17000;
- кількість об’ємних елементів – близько 140000;
загальна маса конструкції зразка – 15 500 кг.
При проведенні математичного моделювання прийнято спрощення (порівняно з натурним зразком) елементів ходової частини, силової установки, трансмісії та башти, що задавались з низьким ступенем деталізації (збережені основні габаритні розміри та масові характеристики).

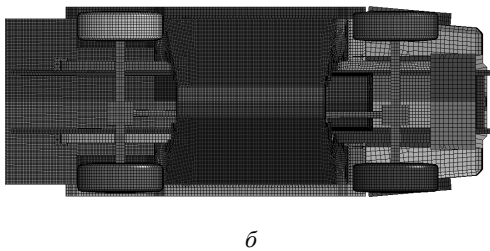
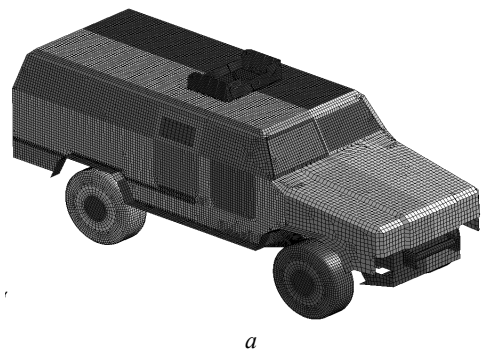


Рис. 7. СЕ-модель зразка:
а – загальний вигляд; б – вигляд знизу

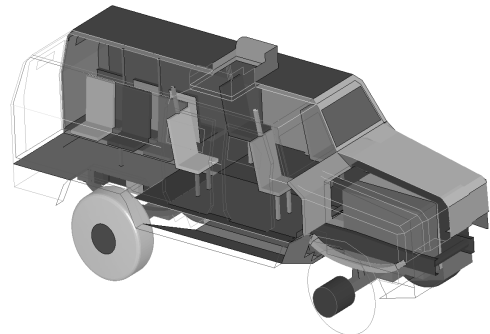


Рис. 8. Внутрішні елементи зразка

При проведенні розрахунків прийнято, що заряд ВР (тринітротолуол) установлений на жорсткій поверхні. Маса заряду ВР 6 кг. Заряд розташовувався під носовою частиною днища (точка № 4), центром (точка № 2) та кормовою частиною (точка № 3) зразка (рис. 9). У всіх випадках положення заряду змішувалось відносно осі симетрії в сторону для моделювання підриву заряду ВР під внутрішнім краєм колеса (точки № 1 та № 5) (оцінка рівня 1–4а відповідно до [4]). Крім того, додатково оцінено стійкість конструкції при підриві заряду, що відповідає положенню, зміщеному до положення внутрішнього краю колеса під центром зразка (точка № 6) та ½ цієї відстані (точка № 7).

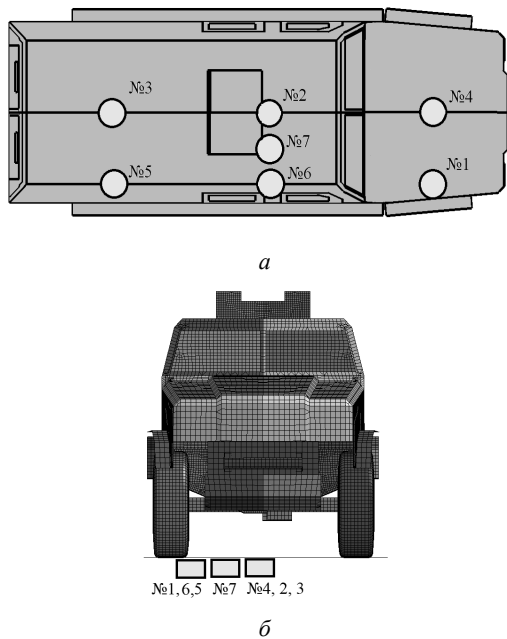


Рис. 9. Місця розміщення заряду ВР під зразком при проведенні моделювання:
а – вигляд зверху; б – вигляд спереду; № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – місця розміщення заряду ВР при проведенні моделювання

При проведенні досліджень параметрами, що оцінювались, були прогини у контрольних точках на підлозі відділення екіпажу, швидкість та прискорення подушок сидінь членів екіпажу.

Вибухове навантаження на зразок при проведенні дослідження задане із використанням методу, викладеному в роботі [9], методів ALE (англ. Arbitrary Lagrangian Eulerian Method) та SPH (англ. Smoothed Particle Hydrodynamics) (рис. 10).

Отримані результати моделювання для розміщення заряду ВР у точці № 1 наведенні на рис. 10–13.

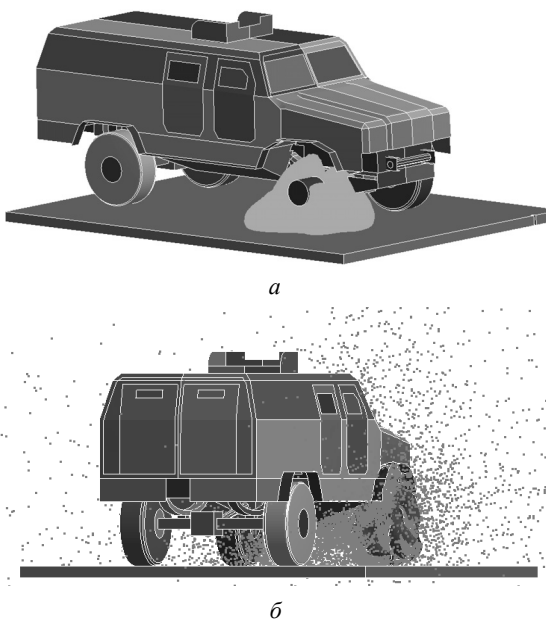


Рис. 10. Результати моделювання із застосуванням методу ALE (а) та методу SPH (б)

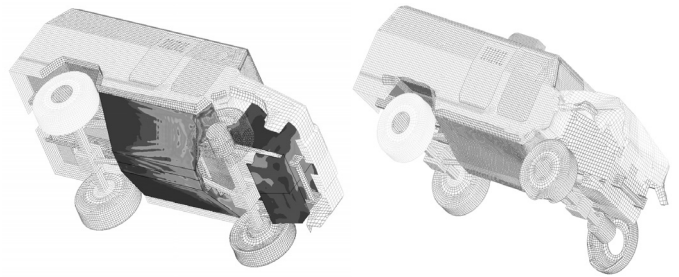
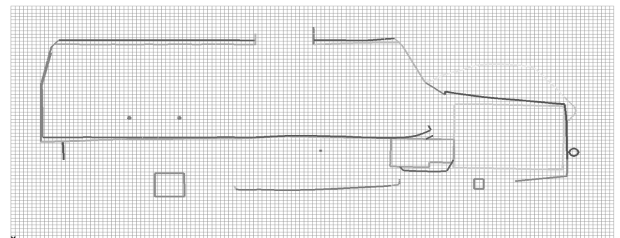
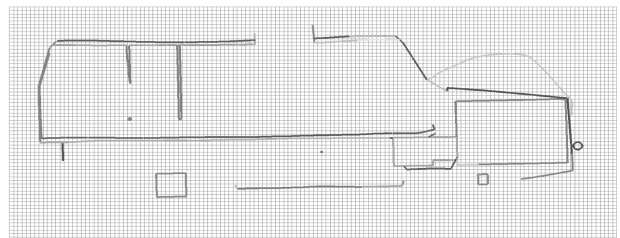


Рис. 11. Результати математичного моделювання підриву БТА «Козак-2», отримані при розміщенні заряду в точці № 1 (маса ВР 6 кг)

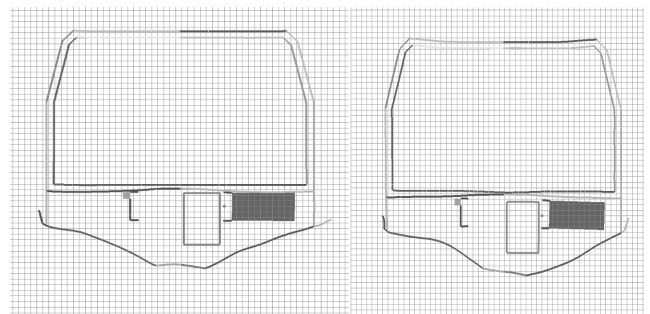


$t = 0,0012 \text{ c}$



$t = 0,045 \text{ c}$

Рис. 12. Епюра величини переміщень, що виникають вздовж поздовжньої осі зразка при підриві заряду ВР (6 кг) у точці № 1 (крок сітки 50 мм)



$t = 0,0044 \text{ c}$

$t = 0,017 \text{ c}$

Рис. 13. Епюра величини переміщень, що виникають вздовж поперечної осі зразка при підриві заряду ВР (6 кг) у точці № 1 (крок сітки 50 мм)

Результати математичного моделювання, отримані при розміщенні заряду в точці № 2 (маса ВР 6 кг), показані на рис. 14–16.

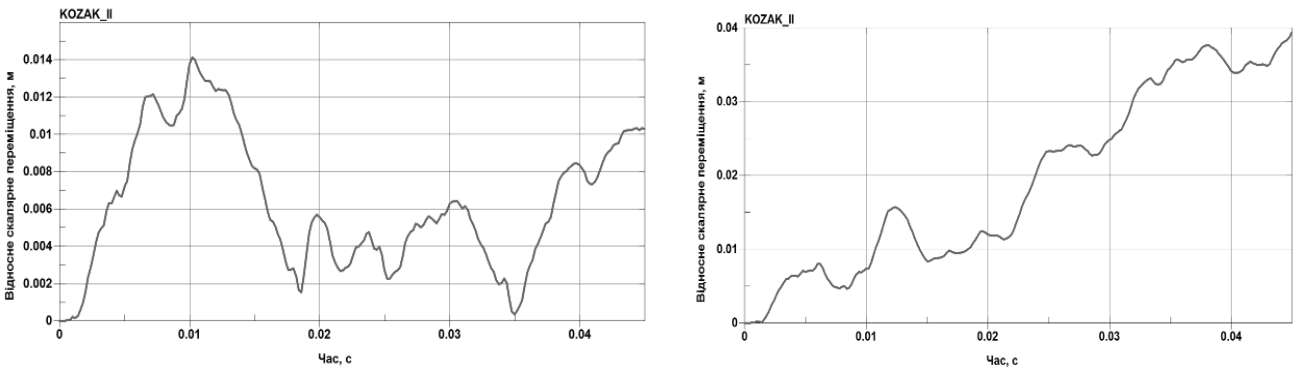


Рис. 14. Характерні значення прогинів у деяких контрольних точках

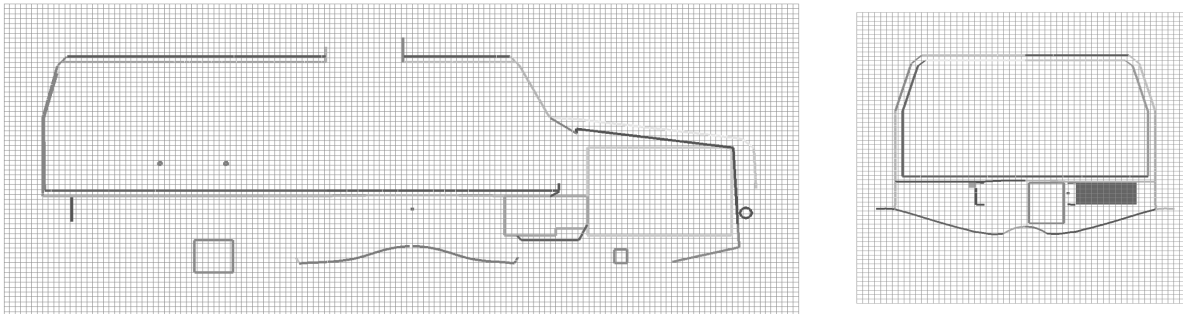


Рис. 15. Епюра величини переміщень, що виникають вздовж поздовжньої та поперечної осей зразка при підриві заряду ВР (6 кг) у точці №2 (крок сітки 50 мм)

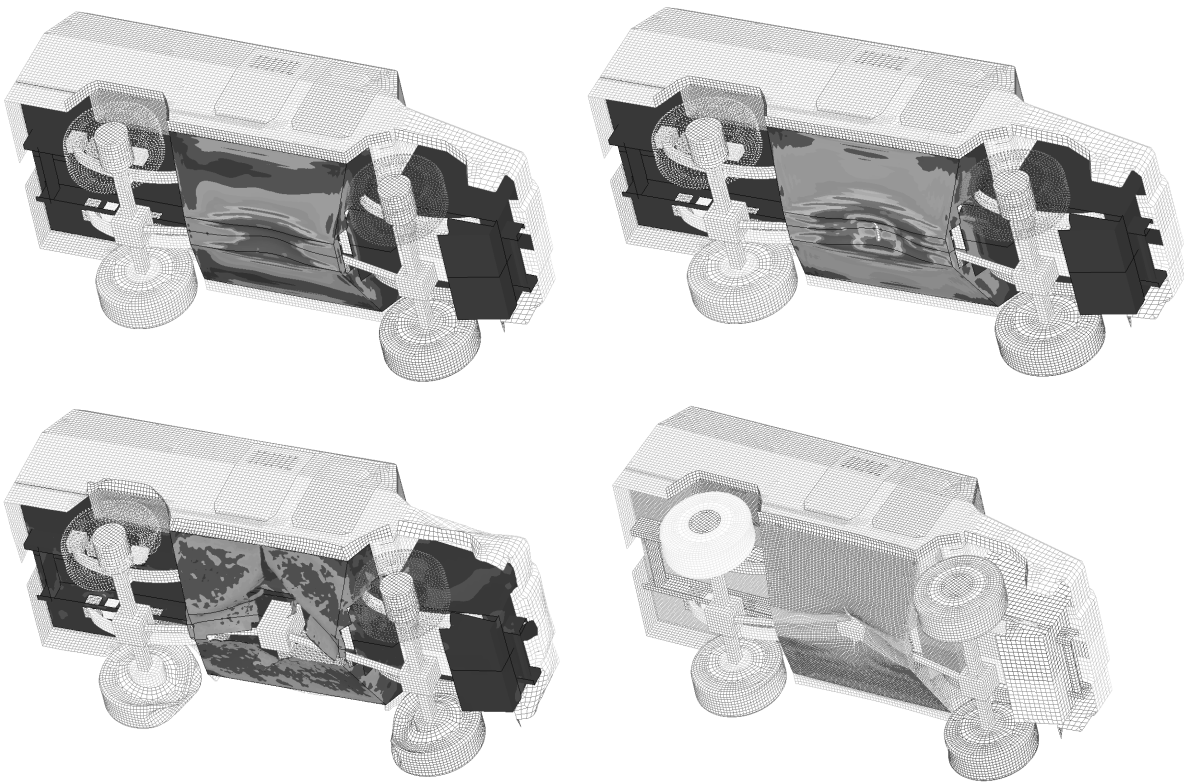


Рис. 16. Результати математичного моделювання підриву БТА «Козак-2», отримані при розміщенні заряду в точці № 2 (маса ВР 6 кг)

Висновки

1. У результаті проведених досліджень отримані значення прогинів у контрольних точках, швидкості та прискорень сидінь екіпажу та десанту багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2».

2. За результатами проведеного математичного моделювання, з урахуванням обмежень математичної моделі та скінченно-елементної моделі порівняно із натурним зразком, виявлені особливості зміни напружено-деформованого стану його конструкції та вжиті заходи щодо покращення протимінної стійкості зразка за рахунок незначних змін конструкції.

3. За результатами проведених досліджень встановлено, що зразок має запас міцності до дії вибухового навантаження. Необхідно провести роботу щодо можливості підвищення рівня протимінної стійкості до підризу вибухової речовини масою 8–10 кг у тротиловому еквіваленті. Підвищення рівня протимінного захисну можливо забезпечити встановленням в конструкції сидінь зразка підставок для ніг для уникнення контакту ніг членів екіпажу та десанту із внутрішньою підлогою броньової капсули і, як наслідок, зменшення імовірності травмування ніг членів екіпажу та десанту внаслідок вібрування підлоги капсули та встановленням в конструкції сидіння енергопоглинаючих елементів для зменшення дії перевантажень на організм людини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Внаслідок підризу військового автомобіля на міні загинули 7 українських військових [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua>.
- Військові ЗС України та Національної гвардії на трасі неподалік Ізюма виявили та знешкодили закладений терористами саморобний вибуховий пристрій загальною потужністю 6–7 кг у тротиловому еквіваленті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua/>.
- Summary of global armoured vehicle market report 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.defenceiq.com/armoured-vehicles/articles/summary-of-global-armoured-vehicle-market-report-2>.
- Бісик, С. П. Аналіз пріоритетних напрямів вдосконалення протимінного захисту бойових броньованих машин [Текст] / Бісик С. П. // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. – Вип. 19(41). – К.: ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2011. – С. 77–81.
- Guardia M. US Army and Marine Corps MRAPs. Mine Resistant Ambush Protected Vehicles [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ospreypublishing.com.
- STANAG 4569 edition 1. Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles, NSA/0533-LAND/4569.
- Противотанковые мины [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.saper.etel.ru/>.
- Основні типи мін, їх тактико-технічні характеристики та застосування в збройних (локальних) конфліктах [Текст] / Ю. І. Радковець [та ін.] // Інформаційно-тематичне зведення / Головне управління розвідки. – 2001. – № 2 (8). – 106 с.
- Бісик, С. П. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини [Текст] / С. П. Бісик, В. А. Голуб, В. Г. Корбач // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. – Вип. 2 (5). – Львів : АСВ, 2011. – С. 3–6.
- Бісик, С. П. Дослідження вибухового навантаження V-подібної моделі днища бойової машини [Текст] / С. П. Бісик, І. Б. Чепков, В. А. Голуб, О. Ю. Ларін // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. – Вип. 1 (22). – К. : ЦНДІ ОБТ, 2012. – С. 232–240.
- Дослідження навантаження вибухом макетів днищ бойових машин [Текст] / С. П. Бісик, К. Б. Круковський-Сіневич, І. Б. Чепков [та ін.] // Механіка та машинобудування : наук.-техн. журн. / НТУ «ХПІ». – 2012. – № 2. – С. 110–118.

Рецензент А. В. Гурнович, д-р техн. наук, старший наук. співробітник, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ

А. І. НІКОРЧУК,*ад'юнкт (Національна академія Національної звардії України, м. Харків)*

Визначення раціональних кінематичних параметрів повороту автомобіля при динамічному або комбінованому способі управління поворотом

Вперше визначена гранична за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом лінійна швидкість автомобіля, а також лінійна швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент, величини лінійного і кутового прискорення, що є граничними за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою при різних динамічних станах лівого і правого коліс ведучого моста автомобіля внаслідок перерозподілу горизонтального навантаження між зазначеними колесами.

Впервые определена предельная по условию устойчивого поворота динамическим или комбинированным способом линейная скорость автомобиля, а также линейная скорость автомобиля, при которой обеспечивается максимальный поворачивающий момент, величины линейного и углового ускорения, являющиеся предельными по условию сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой при различных динамических состояниях левого и правого колес ведущего моста автомобиля вследствие перераспределения горизонтальной нагрузки между указанными колесами.

Практика використання колісних машин, а саме вантажних автомобілів, в зоні проведення бойових дій показує, що традиційні рульові управління цих машин не забезпечує їх високу маневреність і живучість при русі в колоні та під час обстрілу. Для забезпечення вписуваності автомобіля при розвороті на малій площі та спробі виходу із зони обстрілу по зустрічній смузі необхідне використання динамічного або комбінованого способу повороту.

У статті визначені гранична лінійна швидкість автомобіля за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом, лінійна швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент. Також розглянуті граничні за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою величини лінійного і кутового прискорення.

У відомих роботах [1–3] були досліджені динамічний і комбінований способи управління поворотом і визначені раціональні кінематичні параметри повороту; при цьому колеса вважалися динамічно незалежними одне від одного. Але при різних динамічних станах лівого і правого коліс ведучого моста, що виникають при динамічному способі повороту колісної машини, відбувається перерозподіл горизонтального навантаження між зазначеними колесами. Для цього випадку необхідно визначити граничну за умовою стійкості лінійну швидкість автомобіля при повороті динамічним або комбінованим способом, лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент, граничні за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою величини лінійного і кутового прискорення.

Метою дослідження є підвищення маневреності автомобілів при виконанні повороту динамічним і комбінованим способом шляхом визначення граничної лінійної швидкості автомобіля за умовою сталого повороту і лінійної швидкості автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент.

Для досягнення поставленої мети необхідно визначити:

- граничну лінійну швидкість автомобіля за умовою сталого повороту;
- лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент;
- граничні величини лінійного і кутового прискорення за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою.

Теоретично визначимо кінематичні параметри повороту автомобіля при динамічному або комбінованому способі управління поворотом.

Повертаючий момент на ведучому мосту автомобіля при виконанні повороту динамічним або комбінованим способом може бути визначений як

$$M_{\text{пов}} = \frac{B}{2} (R_x'' - R_x'), \quad (1)$$

де B – колія автомобіля;

R_x' – дотичні реакції дороги на відстаючому (внутрішньому) колесі;

R_x'' – дотичні реакції дороги на забігаючому (зовнішньому) колесі.

У початковий момент часу при здійсненні повороту бічні сили відсутні, і дотичні реакції на ведучих колесах

$$R_x'' = \varphi R_z''; \quad (2)$$

$$R_x' = -\varphi R_z'; \quad (3)$$

Після підстановки виразів (2) і (3) у вираз (1) отримаємо формулу, аналогічну тій, що отримана В. О. Петрушовим [4]:

$$M_{пов} = \frac{B}{2} R_z, \quad (4)$$

де R_z – сумарна нормальна реакція дороги, яка діє на ведучий міст.

В процесі повороту на осі виникає бічна сила P_y , обумовлена дією доцентрових і відцентрових прискорень,

$$P_y = R_y = \frac{mv_a^2}{R}, \quad (5)$$

де R_y – сумарна бічна реакція дороги на колесах ведучої осі автомобіля;

m – маса автомобіля, приведена на ведучу вісь;

v_a – лінійна швидкість автомобіля;

R – радіус повороту автомобіля (відстань від середини задньої осі до центра повороту).

Рівняння (1) подамо у вигляді

$$M_{пов} = \frac{B}{2} \left(\frac{(R_x'')^2 - (R_x')^2}{R_x'' + R_x'} \right). \quad (6)$$

При появі бічної сили граничні за зчепленням дотичні реакції на ведучих колесах можуть бути визначені за допомогою кругової діаграми (кола Камма) [5]

$$(R_x'')^2 = (\varphi R_z'')^2 - (R_y'')^2; \quad (7)$$

$$(R_x')^2 = (\varphi R_z')^2 - (R_y')^2; \quad (8)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою;

R_y' ; R_y'' – бічні реакції дороги на внутрішньому і зовнішньому колесах відповідно.

В роботі [6] для випадку руху автомобіля на повороті визначені бічні реакції дороги на внутрішньому і зовнішньому колесах

$$R_y' = \frac{h}{B} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{V_a^2}{gR} \right) \frac{mV_a^2}{R}; \quad (9)$$

$$R_y'' = \left[1 - \frac{h}{B} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{V_a^2}{gR} \right) \right] \frac{mV_a^2}{R}; \quad (10)$$

де h – висота центра мас автомобіля;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

α – кут поперечної стійкості автомобіля,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B}{2h}. \quad (11)$$

Після підстановки (11) в (9) і (10) отримаємо

$$R_y' = \left(0,5 - \frac{h}{B} \frac{V_a^2}{gR} \right) \frac{mV_a^2}{R}; \quad (12)$$

$$R_y'' = \left(0,5 + \frac{h}{B} \frac{V_a^2}{gR} \right) \frac{mV_a^2}{R}; \quad (13)$$

У разі рівного розподілу сумарних реакцій дороги R_{Σ} на кожному з коліс граничні сили за зчепленням P_{Σ} рівняння (6) з урахуванням (7) і (8) можна подати у вигляді

$$M_{пов} = \frac{B}{2} \frac{\varphi^2 (R_z'' - R_z') (R_z'' + R_z') - (R_y'' - R_y') (R_y'' + R_y')}{R_x'' + R_x'}. \quad (14)$$

У виразі (14)

$$R_x'' + R_x' = R_x; \quad (15)$$

$$R_z'' + R_z' = R_z; \quad (16)$$

$$R_y'' + R_y' = R_y = \frac{mV_a^2}{R}; \quad (17)$$

де R_x – сумарна дотична реакція на ведучих колесах автомобіля,

$$R_x = M_a \dot{V}_a + P_c; \quad (18)$$

M_a – маса автомобіля;

\dot{V}_a – лінійне прискорення автомобіля;

P_c – сумарна сила опору руху, що діє з боку рами автомобіля на осі коліс,

$$P_c = g f (M_a - m); \quad (19)$$

f – коефіцієнт опору коченню.

При дії бічної сили P_y нормальні реакції на зовнішньому і внутрішньому колесах можуть бути визначені як

$$R_z' = 0,5 R_z - R_y \frac{h}{B} = 0,5 R_z - \frac{h}{B} \frac{mV_a^2}{R}; \quad (20)$$

$$R_z'' = 0,5 R_z + R_y \frac{h}{B} = 0,5 R_z + \frac{h}{B} \frac{mV_a^2}{R}. \quad (21)$$

Рівняння (14) з урахуванням співвідношень (12), (13), (15) – (21) набуде вигляду

$$M_{пов} = (M_{пов})_{\max} = m V_a^2 \frac{h}{R} \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m V_a^2}{g R^2}}{M_a \dot{V}_a + P_c}. \quad (22)$$

Сумарну нормальну реакцію дороги на ведучому мосту автомобіля можна визначити як

$$R_z = mg. \quad (23)$$

Після підстановки (19) і (23) в (22) та розділивши ліву і праву частину рівняння (22) на $M_a g$, приведемо (22) до вигляду

$$(M_{нов})_{\max} = M_a g \left[\frac{m^2}{M_a^2} V_a^2 \frac{h}{R} \frac{\varphi^2 - \frac{V_a^2}{g^2 R^2}}{\dot{V}_a + g f \left(1 - \frac{m}{M_a} \right)} \right]. \quad (24)$$

На рис. 1 наведені графіки залежності максимального повертаючого моменту $(M_{нов})_{\max}$ від відношення m/M_a , маси вантажу, що перевозиться, швидкості руху автомобіля при різних коефіцієнтах зчеплення коліс з дорогою, коефіцієнтів зчеплення коліс з дорогою при різному значенні $M_{ван}$.

Формула (22) дозволяє отримати новий науковий результат

$$(M_{нов})_{\max} \leq 0$$

при

$$\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} \frac{V_a^4}{R^2} \leq 0. \quad (25)$$

Після підстановки (23) в (25) отримаємо

$$V_a \geq \sqrt{\varphi g R} \quad (26)$$

Рівняння (26) може бути отримано при умові появи бічного ковзання осі під дією відцентрової сили

$$\frac{m V_a^2}{R^2} \geq m g \varphi; \quad (27)$$

$$(V_{a_{\max}})_{cm} = \sqrt{\varphi g R}. \quad (28)$$

Графік залежності $(V_{a_{\max}})_{cm} = f(\varphi R)$ зображений на рис. 2. Вираз (28) для випадку вимірювання швидкості в км / год може бути змінено до вигляду

$$(V_{a_{\max}})_{cm} = 3,6 \sqrt{\varphi g R} = 11,27 \sqrt{\varphi R}, \text{ км/ч} \quad (29)$$

Визначимо лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимум-максимумів повертаючого моменту.

З рівняння (27) знаходимо граничну лінійну швидкість автомобіля за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом, для цього, враховуючи (23) приведемо (22) до виду

$$(M_{нов})_{\max} = \frac{m^2 \frac{h}{R}}{M_a \dot{V}_a + P_c} \left(\varphi^2 g V_a^2 - \frac{V_a^4}{g R^2} \right); \quad (30)$$

Умовами отримання максимуму функції (30) є

$$\begin{cases} \frac{\partial (M_{нов})_{\max}}{\partial V_a} = 0; \\ \frac{\partial^2 (M_{нов})_{\max}}{\partial V_a^2} < 0. \end{cases} \quad (31)$$

Це можливо при

$$V_a^* = 3,6 \sqrt{0,5 \varphi g R} \quad (32)$$

або

$$V_a^* = 3,6 \sqrt{0,5 \varphi g R} = 25 \varphi R, \text{ [км/год]}. \quad (33)$$

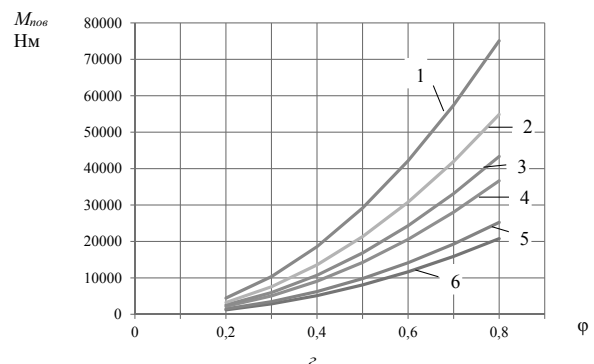
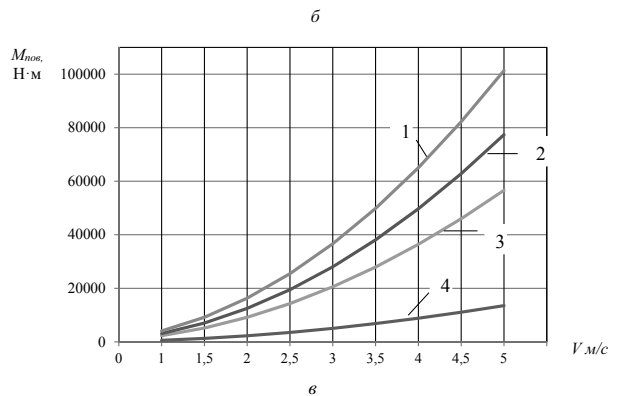
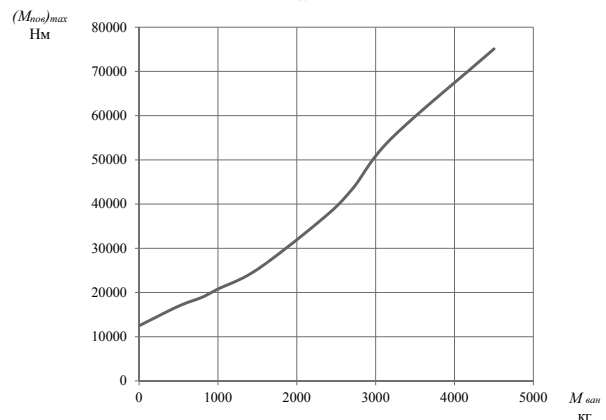
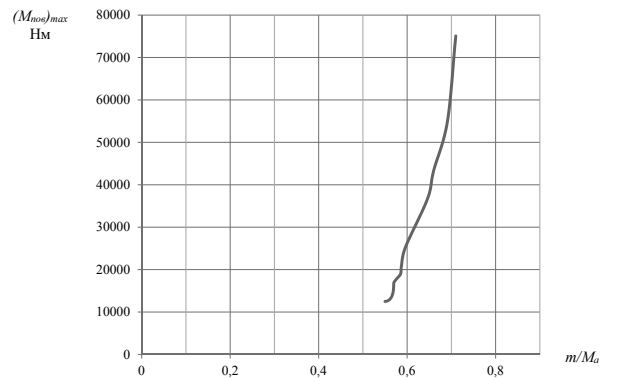


Рис.1. Залежність максимального повертаючого

моменту $(M_{нов})_{\max}$:

a – від відношення m/M_a автомобіля ГАЗ-3307 при $\varphi = 0,8$; $V_a = 3$ м/с;

b – від маси вантажу що перевозиться автомобілем ГАЗ-3307 при $\Phi = 0,8$; $V_a = 3$ м/с;

v – від швидкості V автомобіля ГАЗ-3307 при різних коефіцієнтах зчеплення: 1 – $\Phi = 0,8$; 2 – $\Phi = 0,7$; 3 – $\Phi = 0,6$; 4 – $\Phi = 0,3$; $M_a = 4000$ кг; $M_{\text{ван}} = 2340$ кг; c – від коефіцієнта зчеплення Φ автомобіля ГАЗ-3307 при різних значеннях $M_{\text{ван}}$ автомобіля: 1 – 4500 кг; 2 – 3200 кг; 3 – 2700 кг; 4 – 2335 кг; 5 – 1500 кг; 6 – 1000 кг.

Порівнюючи вирази (29) і (33), можна зробити висновок про те, що максимум-максимумів повертаючого моменту знаходиться за границею його реальних значень, оскільки $V_a^* > (V_{a_{\text{max}}})_{\text{cm}}$.

Аварійний розворот автомобіля повинен здійснюватися з мінімальним радіусом. Мінімальний радіус

$$R_{\min} = \frac{B}{2}. \quad (34)$$

Після підстановки (34) в (29) отримаємо

$$(V_{a_{\text{max}}})_{\text{cm}} = 8\sqrt{\varphi B} \quad [\text{км/год}]. \quad (35)$$

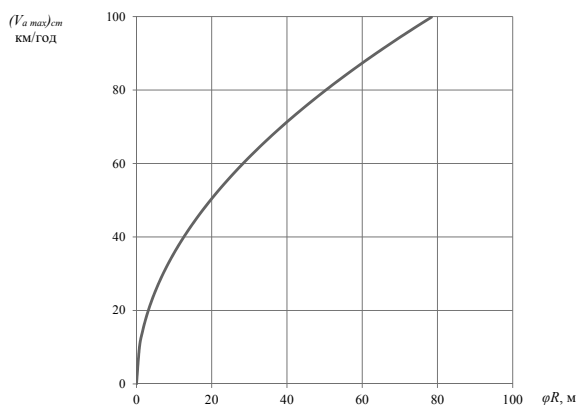


Рис. 2. Залежність $(V_{a_{\text{max}}})_{\text{cm}} = f(\varphi R)$

На рис. 3 показаний графік залежності $(V_{a_{\text{max}}})_{\text{cm}} = f_1(\varphi B)$.

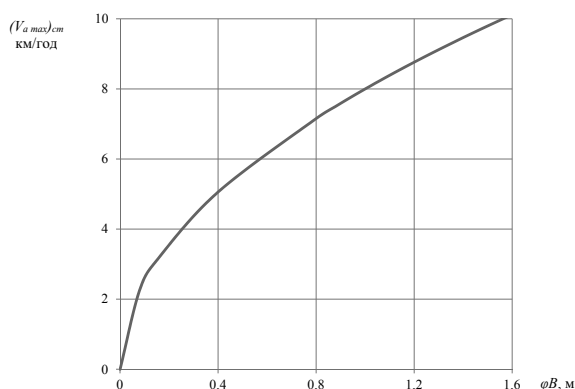


Рис. 3. Залежність $(V_{a_{\text{max}}})_{\text{cm}} = f_1(\varphi B)$

При криволінійному русі автомобіля існує співвідношення

$$R = \frac{V_a}{\omega_z}, \quad (36)$$

де ω_z – кутова швидкість автомобіля відносно вертикальної осі

Вираз (22) з урахуванням (36) прийме вид

$$(M_{\text{нов}})_{\text{max}} = mV_a \omega_z h \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2 \omega_z^2}{M_a V_a + P_c}; \quad (37)$$

при виконанні умов $R_z' = P_{\text{cy}}'$ і $R_z'' = P_{\text{cy}}''$ величина

$$R_x = \sqrt{\varphi^2 R_z^2 - R_y^2} = \sqrt{\varphi^2 R_z^2 - m^2 V_a^2 \omega_z^2}. \quad (38)$$

У цьому випадку рівняння (37) прийме вигляд

$$(M_{\text{нов}})_{\text{max}} = mV_a \omega_z h \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2 \omega_z^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z^2 - m^2 V_a^2 \omega_z^2}}. \quad (39)$$

Таким чином, граничний за умовою зчеплення ведучих коліс з дорогою повертаючий момент змінюється в процесі повороту в залежності від лінійної V_a і кутової ω_z швидкостей автомобіля в площині дороги.

Лінійне прискорення автомобіля може бути визначено за допомогою рівнянь (18) і (38) (при одному ведучому мосту автомобіля)

$$\left(\frac{dV_a}{dt}\right) = \sqrt{\frac{\varphi^2 R_z^2}{M_a} - V_a^2 \omega_z^2} - \frac{P_c}{M_a}; \quad (40)$$

кутове прискорення автомобіля в площині дороги при жорстких в бічному напрямку колесах

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{\text{max}} = \frac{(M_{\text{нов}})_{\text{max}} - M_{\text{он}}}{I_{z_c}}; \quad (41)$$

де $M_{\text{он}}$ – момент опору повороту автомобіля; I_{z_c} – момент інерції автомобіля відносно центральної вертикальної осі.

Після підстановки (39) в (41) отримаємо

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{\text{max}} = \frac{mV_a \omega_z h}{I_{z_c}} \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2 \omega_z^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z^2 - m^2 V_a^2 \omega_z^2}} - \frac{M_{\text{он}}}{I_{z_c}}; \quad (42)$$

При еластичних в бічному напрямку колесах

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{\text{max}}' = \frac{(M_{\text{нов}})_{\text{max}} - M_{\text{он}}}{I_{z_u}}; \quad (43)$$

де I_{z_u} – момент інерції автомобіля відносно вертикальної осі, що проходить через центр пружності автомобіля [3],

$$I_{z_i}^2 = I_{z_{\bar{n}}}^2 + M_a H^2; \quad (44)$$

H – координата центра пружності автомобіля [3],

$$H = \frac{aC_{y_1} - bC_{y_2}}{C_{y_1} + C_{y_2}}; \quad (45)$$

C_{y_1} ; C_{y_2} – сумарні бічні жорсткості коліс передньої і задньої осей автомобіля;

a ; b – відстань від передньої і задньої осей автомобіля до проекції центра мас на горизонтальну площину, що проходить через ці осі.

Рівняння (43) з урахуванням (39), (44) і (45) набуде вигляду

$$\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_{\max} = \frac{m}{M_a} \frac{V_a \omega_z h}{i_z^2 + \frac{aC_{y1} - bC_{y2}}{C_{y1} + C_{y2}}} \frac{\varphi^2 R_z - \frac{m}{g} V_a^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z - m^2 V_a^2 \omega_z^2}} - \frac{\frac{M_{on}}{M_a}}{i_z^2 + \frac{aC_{y1} - bC_{y2}}{C_{y1} + C_{y2}}}, \quad (46)$$

де i_z – радіус інерції автомобіля відносно вертикальної осі,

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{z_c}}{M_a}}. \quad (47)$$

Спільне рішення диференціальних рівнянь (40) і (46) дозволить визначити величини ω_z і V_a , що є граничними за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою. Визначивши їх, можна за допомогою співвідношення (35) знайти радіус повороту машини R .

Висновки. Граничний за умовою зчеплення ведучих коліс з дорогою повертаючий момент змінюється в процесі повороту в залежності від лінійної V_a і кутової ω_z швидкостей автомобіля в площині дороги.

Отримані аналітичні вирази дозволяють вперше визначити:

- граничну лінійну швидкість автомобіля за умовою стійкого повороту динамічним або комбінованим способом;
- лінійну швидкість автомобіля, при якій забезпечується максимальний повертаючий момент при повороті динамічним або комбінованим способом;
- величини лінійного і кутового прискорення, що є граничними за умовою зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Подригало, М. А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов [Текст] / М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во Академии ВВ МВД Украины, 2013. – 222 с.
2. Маневренность и тормозные свойства колесных машин [Текст] / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый [и др.] ; под ред. М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с.
3. Бобошко, А. А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02. – Харків, 2002. – 19 с.
4. Петрушов, В. А. Особенности поворота колесных самоходов типа 4 x 4 с неповоротными колесами [Текст] / В. А. Петрушов. – М. : НАМИ, 1959. – 56 с.
5. Kamm, W. Kraftwagen und Stkabe in ihrer Wechselwirkung (Motor vehicle and Road in their Interaction); VDI – Verlag, Berlin, Motor Vehicle Conference, 1934.
6. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин [Текст] / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Карпенко [и др.] ; под ред. М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003 – 614 с.

Рецензент А. П. Кондратенко, д-р техн. наук, проф.,
Національна академія Національної гвардії України

УДК 681.518.54:623.4

Д. А. ГРИБ, кандидат технічних наук**В. В. ЛУК'ЯНЧУК**, кандидат технічних наук**І. М. НІКОЛАЄВ**, кандидат технічних наук

(Харківський університет Повітряних Сил

ім. І. Кожедуба, Харків)

Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння на тривалу перспективу

Аналізуються проблемні питання і визначаються напрями розвитку в Україні зенітного ракетного озброєння в умовах фінансово-економічних, науково-технічних, виробничо-технологічних та інших ресурсних обмежень. Показано, що розвиток зенітного ракетного озброєння в Україні має здійснюватися в рамках довгострокової цільової програми, яка повинна містити збалансовану систему заходів з організації і виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт із створення нового і модернізації існуючого зенітного ракетного озброєння, розвитку науково-технічної, виробничо-технологічної, лабораторно-випробувальної і елементно-компонентної бази.

Ключові слова: розвиток, програма озброєння, зенітне ракетне озброєння, ресурсні обмеження.

Анализируются проблемные вопросы и определяются направления развития в Украине зенитного ракетного вооружения в условиях финансово-экономических, научно-технических, производственно-технологических и других ресурсных ограничений. Показано, что развитие зенитного ракетного вооружения в Украине должно осуществляться в рамках долгосрочной целевой программы, которая должна быть целостной системой мероприятий по организации и выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию нового и модернизации существующего зенитного ракетного вооружения, развитию научно-технической, производственно-технологической, лабораторно-испытательной и элементной базы.

Протиповітряна оборона (ППО) сьогодні є важливішим компонентом воєнної безпеки держави, однієї з форм захисту її суверенітету і національної незалежності. У зв'язку з цим забезпечення надійного прикриття важливих державних об'єктів і угруповань військ від ударів засобів повітряного нападу (ЗПН) противника є одним з ключових завдань Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України. Основна роль у виконанні цих завдань відводиться зенітному ракетному озброєнню (ЗРО), основу якого складають зенітні ракетні комплекси і системи (ЗРК, ЗРС) різної дальності дії.

Необхідність оснащення ПС ЗС України сучасними зразками ЗРО обумовлена низкою зовнішніх чинників, до яких на сьогоднішній день відносяться:

1) стан воєнно-політичної обстановки у світі та в регіонах, прилеглих до кордонів України;

2) наявність держав, воєнно-політичних і військових союзів країн, що проводять ворожу політику по відношенню до України;

3) рівень військово-економічного потенціалу і бойові можливості ЗС країн, що являють загрозу для безпеки України;

4) якісний і кількісний склад, стан і перспективи розвитку ЗПН потенційного противника, співвідношення їх бойового потенціалу з бойовим потенціалом зенітних ракетних військ (ЗРВ) ПС ЗС України.

Зміна геополітичної обстановки в світі, посилення реальних і потенційних загроз національній безпеці вимагає рішучих кроків державних структур щодо створення умов для розробки і виробництва в Україні власних зразків ЗРО, здатних вести боротьбу з перспективними ЗПН у всьому діапазоні висот і швидкостей їх бойового застосування в умовах інтенсивної радіоелектронно-вогневої протидії противника. Виходячи з цього, Рада національної безпеки і оборони України оголосила, що в 2016 році одними з пріоритетних завдань будуть заходи і роботи щодо відродження потенціалу системи ППО важливих державних об'єктів і угруповань військ ЗС України. У зв'язку з цим актуальним є завдання визначення можливих шляхів розв'язання проблеми оснащення ПС ЗС України перспективними зразками ЗРО власного виробництва.

Завданням дослідження є визначення основних проблем і обґрунтування ключових напрямів розвитку ЗРО при ресурсних обмеженнях, що відображають рівень економічного, науково-технічного, технологічного і кадрового потенціалу України.

Огляд останніх досліджень і публікацій показав, що проблемі оснащення ПС ЗС України сучасним ЗРО власного виробництва не приділяється достатньої уваги [1, 3]. Основний зміст публікацій зводиться, в основному, до розробки пропозицій і рекомендацій щодо підтримки існуючого озброєння в боєготовому стані шляхом його модернізації і впровадження прогресивних методів технічного обслуговування і ремонту [4, 6]. Разом з тим, в Україні неодноразово робилися спроби створення власних зразків ЗРО, але вони не принесли бажаних результатів через недостатнє фінансування і відсутність системного підходу до вирішення зазначеної проблеми [2].

Аналіз кількісно-якісного стану ЗРК, що перебувають на озброєнні ПС ЗС України, показує, що їх можливості щодо боротьби із сучасними і перспективними ЗПН на теперішній час суттєво обмежені. Причинами цього є:

1) наявність у військах значної кількості морально і фізично застарілого ЗРО;

2) недостатні можливості системи розвідки ЗПН противника;

3) недостатній за сучасними вимогами ступінь автоматизації процесів підготовки і ведення вогню.

Тактико-технічні характеристики (ТТХ) існуючого ЗРО не задовольняють сучасні вимоги щодо дальності ураження повітряних цілей, маневреності та надійності.

Найбільш гострою проблемою є старіння парку ЗРО, що ставить під загрозу здатність ПС ЗС України забезпечити надійну ППО важливих державних об'єктів. Прогнозна оцінка зміни кількісного складу ЗРО Повітряних Сил ЗС України (з урахуванням продовження призначеного ресурсу (терміну служби) існуючого парку до 30 років) на тривалу перспективу показана на рис. 1.

Результати прогнозу свідчать, що кількість справних зразків ЗРО внаслідок їх вибуття з бойового складу до 2020 року наблизиться до нуля (крива 1). Існуюча програма ПС ЗС України з розвитку ЗРО на період до 2017–2018 рр. має на меті підтримання існуючого парку ЗРО в боеготовому стані шляхом його ремонту і модернізації. Але цей підхід дозволить зберегти прийнятний рівень існуючого парку ЗРО лише на найближчу перспективу (пряма 2 на рис. 1). Слід зазначити, що закупівля певної кількості ЗРО за кордоном не дозволить кардинально вирішити проблему переозброєння Повітряних Сил ЗС України, оскільки закордонні ЗРК мають досить високу вартість, а ринок ЗРО є дуже політизованим. Тому основним шляхом переозброєння Повітряних Сил ЗС України сучасним ЗРО на тривалу перспективу слід вважати розробку і виробництво перспективних ЗРК (ЗРС) підприємствами «Укроборонпрому» із залученням, за необхідності, закордонних партнерів України.

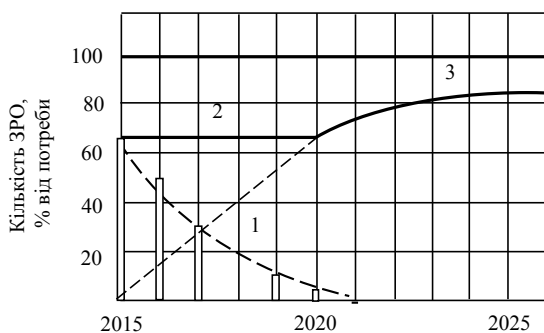


Рис. 1. Прогноз зміни кількісного складу ЗРО:

1 – прогноз вибуття ЗРО з бойового складу ПС ЗС України внаслідок фізичного старіння в період до 2020 року; 2 – прогнозна оцінка підтримання бойового складу ЗРО за рахунок ремонту, модернізації та закупівлі за кордоном; 3 – прогнозна крива оновлення парку ЗРО ПС ЗС України за рахунок власного виробництва, починаючи з 2020 року.

Досвід розвинених країн світу свідчить, що розвиток ЗРО повинний здійснюватися в рамках цільової

програми, розрахованої на тривалий період часу. Програма повинна містити цілісну збалансовану систему заходів щодо організації і проведення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) з модернізації і створення ЗРО, розвитку науково-технічної, виробничо-технологічної, лабораторно-випробувальної, елементно-компонентної і кадрової бази. Розробка такої програми повинна здійснюватися на основі принципів програмно-цільового планування з урахуванням [5, 7]:

1) потреб ПС ЗС України в нових зразках ЗРО, у тому числі пріоритетних, необхідних для ефективного вирішення задач боротьби із ЗПН потенційних противників у прогнозованих умовах ведення бойових дій;

2) обмежень фінансових ресурсів та рівня розвитку науково-технічної, виробничо-технологічної, лабораторно-випробувальної і електронної компонентної бази (ЕКБ), здатної задовольняти існуючі та майбутні потреби системи ППО.

Структура і зміст програми розвитку ЗРО на тривалу перспективу та порядок її розробки показані на рис. 2.

Програма має враховувати:

- завдання і способи забезпечення безпеки України силами і засобами ПС, що визначені відповідно до вимог Воєнної доктрини і концепції забезпечення безпеки України;

- завдання щодо ураження ЗПН противника в можливих збройних конфліктах та потребу ПС ЗС України в нових зразках ЗРО для їх виконання;

- можливості держави щодо забезпечення підприємств «Укроборонпрому» сировиною, матеріалами, елементною базою, фінансовими і кадровими ресурсами для виробництва зразків ЗРО, що задовольняють вимоги ПС ЗС України.

Сучасні комплекси (системи) ЗРО відносяться до складних, наукомістких і дорогих виробів військової техніки, розробка і виробництво яких вимагають наявності науково-технічного напрацювання та володіння на індустріальному рівні передовими технологіями в галузі радіолокації і електроніки, ракетобудування і машинобудування, зв'язку і інформаційних технологій, елементної бази, конструкційних матеріалів [5, 7].

У галузі радіолокації до таких технологій належать технології активних ФАР (плоских і на поверхнях складної форми) сантиметрового й міліметрового діапазону хвиль, генерування, випромінювання і прийому різних видів радіолокаційних сигналів (широкопasmових зондувальних сигналів з лінійно-частотною і фазовою внутрішньоімпульсною модуляцією; сигналів, що дискретно кодуються за частотою; багаточастотних сигналів; наддовгих і надкоротких сигналів тощо), оптимального виявлення цілей і вимірювання їх координат на основі цифрових адаптивних алгоритмів обробки радіолокаційної інформації, підвищення інформативності і завадозахищеності радіолокаційних засобів.

У галузі ракетобудування зусилля повинні бути зосереджені на розробці і впровадженні технологій високоточного газодинамічного управління; активних радіолокаційних і комбінованих багатоспектральних головок самонаведення, вдосконаленні бортової апаратури на основі цифрових методів обробки інформації.

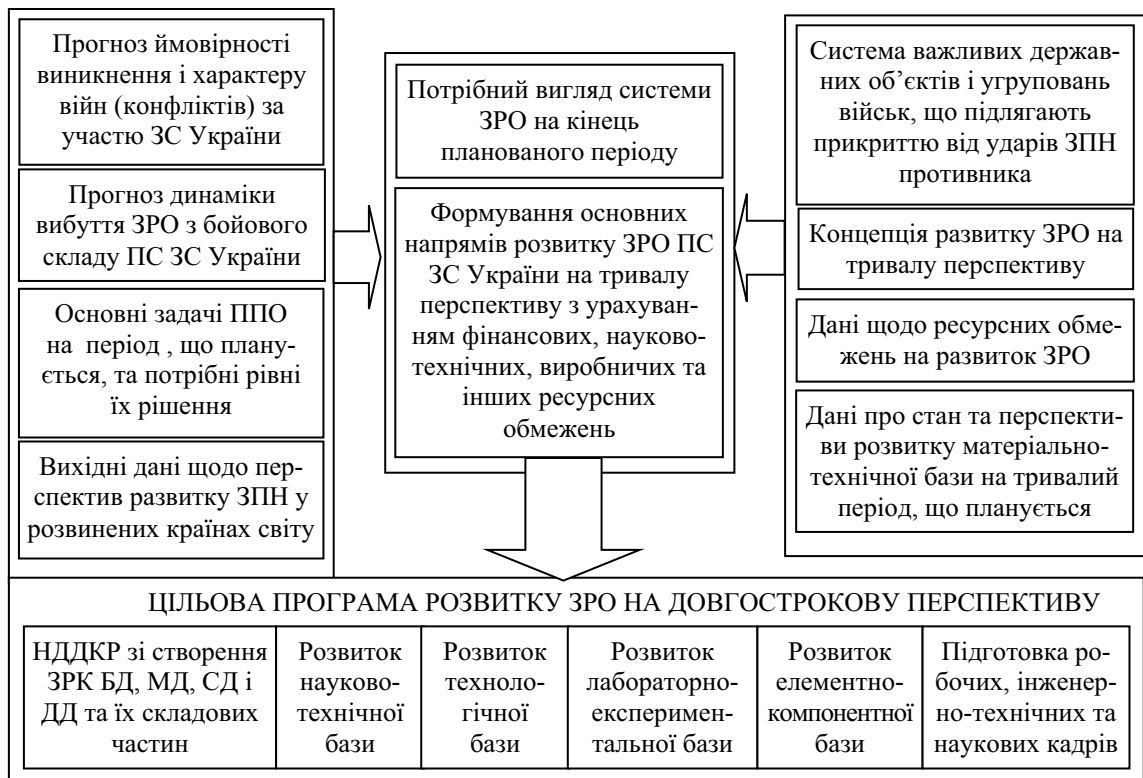


Рис. 2. Структура і зміст програми розвитку системи ЗРО на тривалу перспективу

У галузі інформаційно-телекомунікаційних технологій основні зусилля повинні спрямовуватися на розробку принципів побудови і технічних шляхів реалізації спеціалізованих швидкодіючих потужних обчислювальних засобів, здатних забезпечувати обробку інформації в реальному масштабі часу; інтелектуальних систем навігації і управління; обробки, зберігання, передачі і захисту інформації, виробництва програмного забезпечення тощо. У рамках цього напрямку повинні бути проведені дослідження з розробки нових мікроелектронних елементів, насамперед великих і надвеликих інтегральних схем.

У галузі створення нових матеріалів і речовин основні зусилля повинні бути зосереджені на створенні технологій виробництва радіаційностійкої ЕКБ, електронних матеріалів і структур, уніфікованих електронних модулів, композиційних і керамічних матеріалів, металів, сплавів і речовин із спеціальними властивостями, що використовуються при виробництві сучасних зразків ЗРО.

Розробка у 2016–2020 роках зазначених базових (критичних) технологій дозволить створити необхідне науково-технічне напрацювання та, починаючи з 2021 року, перейти до розробки окремих бойових засобів для перспективних та існуючих ЗРК, а саме: спеціалізованих оглядових РЛС і РЛС підсвічування цілі та наведення ракет, пускових установок, пунктів бойового управління та зенітних керованих ракет. Реалізація цього підходу дозволить істотно просунутися вперед на шляху створення ЗРК власного виробництва.

Програма розвитку ЗРО в Україні повинна розраховуватися на період до 2035 року, виходити з того, що основними складовими перспективної системи ЗРО на тривалу перспективу залишатимуться ЗРК дальньої

дії (ДД), середньої і малої дальності (СД, МД) та ЗРК ближньої дії, і передбачати вирішення таких задач [7]:

1) в цілому по системі ППО:

- уточнення концепції розвитку системи ЗРО ПС ЗСУ України на основі прогнозованого характеру бойових дій і тенденцій розвитку ЗПН у передових країнах світу;

2) на період до 2020 року:

- обґрунтування обрисів і основних напрямів реалізації інтегрованої системи ППО/ПРО на основі мережного принципу управління і обміну даними;

- проведення робіт з модернізації ЗРК з метою підвищення їх бойових характеристик шляхом впровадження нових технологій та інтеграції в перспективну мережну архітектуру управління і обміну даними;

- введення до складу перспективних зразків ЗРО засобів групового захисту від високоточної зброї (ВТЗ) та засобів радіоелектронного подавлення (РЕП) бортових систем ЗПН, засобів маскування, імітації і дезінформації;

- проведення досліджень щодо вибору раціональних способів боротьби з малорозмірними безпілотними літальними апаратами (БпЛА), обстріл яких ЗРК не виправданий з економічного погляду, а в бойових умовах веде до розкриття противником системи ППО;

3) на період до 2025 року:

- створення уніфікованого міжвидового ЗРК МД для ураження крилатих ракет (КР), БпЛА, атакуючих елементів ВТЗ, літаків тактичної авіації (ТА) і вертольотів при швидкостях польоту до 1000 м/с на дальностях до 30 км і на висотах до 12 км;

- створення раціонального за критерієм «ефективність – вартість» ЗРК БД для знищення атакуючих

елементів ВТЗ і БпЛА на дальностях до 15 км при швидкостях польоту до 700 м/с на висотах до 5 км;

4) на період до 2035 року:

- створення уніфікованого міжвидового багатоканального ЗРК СД для ураження гіперзвукових крилатих і балістичних ракет, літаків стратегічної, тактичної і армійської авіації на дальностях до 200 км і на висотах до 30 км;

- створення уніфікованого міжвидового багатоканального ЗРК ДД для забезпечення тактичної ПРО найбільш важливих об'єктів від ударів оперативно-тактичних (тактичних) ракет, літаків дальнього радіолокаційного виявлення і управління (ДРЛВУ), РЕП та носіїв ВТЗ на дальностях до 400 км.

В основу розвитку ЗРО повинний бути покладений еволюційно-технологічний підхід, суть якого полягає в створенні і вдосконаленні зразків ЗРО та їх складових частин у формі окремих ітерацій, у ході яких зразок допрацьовується на основі впровадження нових технологій і до нього за необхідності додаються нові функціональні можливості.

Для реалізації програми розвитку ЗРО в Україні необхідно:

- в терміновому порядку створити спеціалізовані конструкторські бюро з розробки ЗРК малої, середньої і великої дальності, зенітних керованих ракет до них, командно-управляючих засобів, спеціалізованих багатфункціональних РЛС на базі пасивних і активних ФАР та інших складових частин і елементів, розгорнути роботи зі створення необхідних технологій, дослідних виробництв і випробувальної бази;

- відновити або розгорнути необхідні виробничі потужності в сфері високотехнологічної електроніки, приладів надвисокої частоти, нових порохів, ракетних палив і вибухових речовин, спеціальних матеріалів для ракет і пускових установок;

- забезпечити ефективне використання і наروшення науково-технічного напрацювання в галузі «проривних» технологій з метою прискорення розробки перспективних зразків ЗРО, що дозволяють створити нову матеріальну базу для подальшого переозброєння Повітряних Сил ЗС України;

- сконцентрувати зусилля Державної програми озброєння і Державного оборонного замовлення (ДОЗ) на найбільш пріоритетних зразках ЗРО з максимальним використанням можливостей щодо їх модернізації;

- здійснити переведення ЗРО на експлуатацію і ремонт за технічним станом з оснащенням військ необхідною діагностичною апаратурою і засобами ремонту;

- забезпечити подальший розвиток системи військового ремонту, експлуатації і відновлення ЗРО із залученням підприємств промисловості;

- забезпечити прозорість розподілу і витрачання матеріальних і фінансових ресурсів по роках планованого періоду на підтримку в боеготовому стані і модернізацію існуючого ЗРО, розробку і виробництво перспективних зразків ЗРО та їх складових частин.

Висновки:

1. Україна має достатній науково-технічний, технологічний і кадровий потенціал для забезпечення ПС ЗС України ЗРО власного виробництва. В умовах фінансових

обмежень розробку вітчизняних зразків ЗРО або їх окремих складових частин доцільно здійснювати в кооперації із зарубіжними партнерами, до яких на сьогоднішній день можна віднести компанії і фірми США, Європи, Китаю, Ізраїлю, Японії, Південної Кореї та Індії, що досягли значних успіхів у цій галузі військової техніки.

2. Вирішення проблеми оснащення ПС ЗС України ЗРО власного виробництва має здійснюватися на основі системного підходу в рамках цільової програми, що має охоплювати всі аспекти зазначеної проблеми.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Военный совет «Народного фронта»: Противовоздушная оборона как стратегический приоритет державы [Электронный ресурс] – Режим доступа: protivv.info/ru/news/6580voennyysovetnarodnogofronta
2. Многоканальный зенитный ракетный комплекс средней дальности «Дніпро» державы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://bm-orplot.livejournal.com/2746.html>.
3. Гончаренко М. Что под небом Украины? / М. Гончаренко [Электронный ресурс] // – Военно-промышленный курьер, № 33 (199).–Режим доступа: <http://vpknews.ru/articles/4444>.
4. Чепков, І. Б. Механізм заміни комплектуючих виробів озброєння та військової техніки сучасними аналогами нової техніки [Текст] / І. Б. Чепков, Б. М. Ланецький, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв // Наука і оборона. – 2012. – № 2. – С. 54–60.
5. Чепков, І. Б. Структура і тенденції розвитку технологічного базису сучасного зенітного ракетного озброєння середньої та великої дальності [Текст] / І. Б. Чепков, Б. М. Ланецький, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв // Наука і оборона. – 2013. – № 4. – С. 56–62.
6. Гриб, Д. А. Концептуальные подходы к развитию и поддержанию в боеготовом состоянии зенитного ракетного вооружения Воздушных Сил ВСУ на период до 2025 года [Текст] / Д. А. Гриб, Б. Н. Ланецький, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв // Збірник наук. праць Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – Харків : ХУПС, 2010. – № 15. – С. 20–36.
7. Карпенко, Д. В. Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння в Україні на довгострокову перспективу [Текст] / Д. В. Карпенко, Д. А. Гриб, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв // Тези доповідей наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба [«Новітні технології – для захисту повітряного простору»], Харків, 8–9 квітня 2015 року. – Х.: ХУПС, 2015.– С. 108.

Рецензент О. Б. Леонт'єв, докт. техн. наук, професор, провідний науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

А. В. ШИШАЦЬКИЙ,

науковий співробітник (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

О. Г. ЖУК, кандидат технічних наук

М. В. БОРОЗНЮК

І. Ю. РУБЦОВ

(Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, м. Київ)

Порівняльний аналіз ефективності сучасних сигнально-кодових конструкцій для систем військового радіозв'язку

За показниками спектральної та енергетичної ефективності проведений аналіз сучасних сигнально-кодових конструкцій, що використовуються в сучасних системах радіозв'язку.

По показателям спектральной и энергетической эффективности проведен анализ современных сигнально-кодовых конструкций, которые применяются в современных системах радиосвязи

Для систем військового радіозв'язку завадозахищеність засобів є не тільки бажаною властивістю, але питанням життєво важливим, а тому обов'язковим. Відомими вченими вже проаналізовано ефективність різних методів підвищення завадозахищеності [1, 2], доведено, що універсального найкращого методу не існує, кожен з них є доцільним тільки у визначених умовах для конкретних параметрів радіозасобів.

Розвиток систем радіозв'язку привів до появи принципово нового методу підвищення завадозахищеності систем радіозв'язку – сигнально-кодових конструкцій. Приклад сигнально-кодових конструкцій наведено на рис. 1.

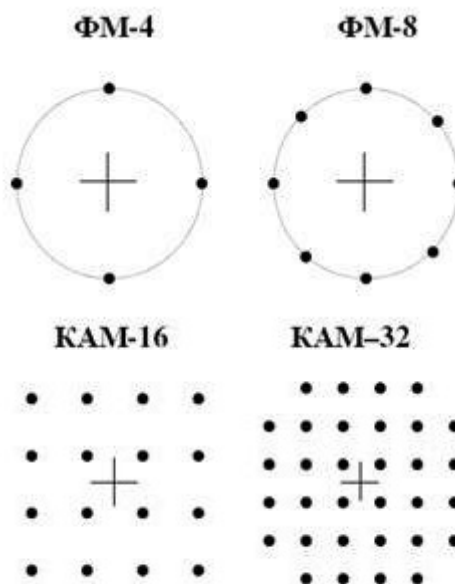


Рис. 1. Зовнішній вигляд основних сигнально-кодових конструкцій

Тому порівняльний аналіз ефективності сигнально-кодових конструкцій для сучасних систем військового радіозв'язку як комбінованого методу покращення ефективності радіозасобів є питанням важливим і актуальним.

Важливими характеристиками системи радіозв'язку будь-якого призначення є енергетична та спектральна ефективність. Як універсальний показник енергетичної ефективності систем цифрового радіозв'язку прийнято розглядати величину $h_b^2 = E_b/N_0$, що характеризує енергетичні витрати E_b на передачу одного біта інформації для забезпечення величини середньої ймовірності помилкового приймання одного символу переданого повідомлення, що не вище заданого значення в умовах впливу адитивного білого гаусівського шуму зі спектральною щільністю середньої потужності $N_0/2$ [2].

Показником спектральної ефективності γ прийнято розглядати питому швидкість передачі інформації, що визначається як відношення $\gamma = I/F$ [біт/с·Гц] швидкості передачі інформації I до ширини смуги робочих частот F [1, 2].

Зв'язок показників енергетичної та спектральної ефективності для граничного випадку передачі зі

швидкістю, рівною пропускній здатності безперервного каналу, як відомо, визначається відношенням [2]

$$h_b^2 = \frac{2^\gamma - 1}{\gamma}$$

Відповідна залежність (межа Шенона) зображена у вигляді кривої на рис. 2, де також показані значення залежності енергетичної ефективності від спектральної ефективності при різних методах передачі без кодування, що відповідають величині ймовірності помилки $p_b = 10^{-5}$. З графіка видно, що навіть при значній величині m об'єму алфавіту ортогональних або біртогональних сигналів (практично те ж, що для симплексного ансамблю сигналів) результати досить далекі від граничних, хоча показники ефективності при такому виборі сигналів, як відомо, зі зростанням значення m асимптотично наближаються до межі Шенона.

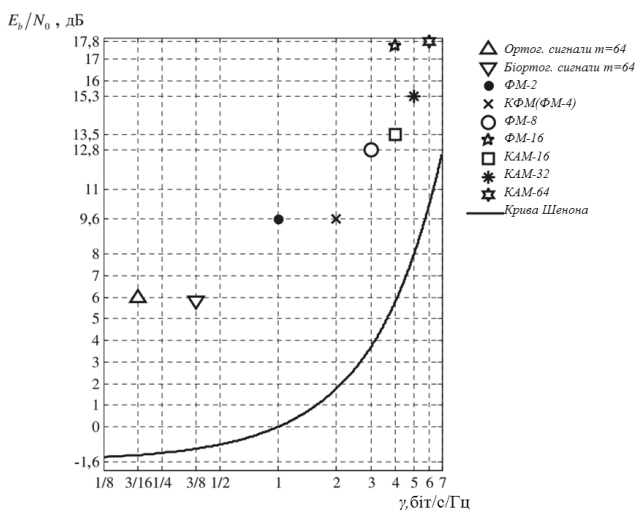


Рис. 2. Показники енергетичної та спектральної ефективності при передачі інформації без кодування

Вибір методу двійкової фазової модуляції ФМ-2, що мінімізує значення ймовірності p_b при оптимальному посимвольному прийманні, не призводить до додаткових (по відношенню до ортогонального ансамблю $m = 64$) відчутних енергетичних втрат (близько 3,6 дБ), проте істотно підвищує спектральну ефективність, хоча питома швидкість передачі при цьому досягає значення всього лише $\gamma = 1$.

Намагання значно збільшити показник γ шляхом використання багатопозиційної фазової модуляції (ФМ-М) типу ФМ-4, ФМ-8, ФМ-16 та ін., за виключенням випадку модуляції типу ФМ-4 (метод квадратурної фазової модуляції КФМ), призводить до катастрофічних енергетичних втрат, рівень яких вдається знизити завдяки переходу до методу квадратурної амплітудної модуляції КАМ (КАМ-8, КАМ-16 тощо).

Використання завадостійкого кодування може привести до підвищення енергетичної ефективності, проте в умовах збереження заданої швидкості передачі інформації це вимагає перетворення частоти надходження двійкових символів вихідних повідомлень на більш високу частоту надходження кодових символів, що залежить від швидкості коду R , що, у свою чергу, при

заданому виді модуляції супроводжується зниженням спектральної ефективності [2, 3].

У той же час, для багатьох випадків виникає задача істотного підвищення саме спектральної ефективності, що, очевидно, крім деяких винятків (для випадку використання модуляції типу ФМ-4), призведе до різкого зниження енергетичної ефективності. Досягти розумного компромісу між вказаними вимогами є можливим шляхом використання складених сигналів, елементарні сигнали яких побудовані на основі спектрально ефективних видів модуляції типу ФМ-М та КАМ у поєднанні з додатковою надлишковістю у повідомленні, що передається, методами каналного кодування [3]. При цьому енергетична ефективність системи передачі визначається безпосередньо виглядом спектра взаємних евклідових відстаней між сформованими складеними сигналами, а кодування та модуляцію вже не можна розглядати опосередковано одне від одного, тому говорять про деяку єдину процедуру сигнального кодування, або кодової модуляції, кінцевим результатом якої є формування сигнально-кодових конструкцій (СКК) [2, 3].

Одним з найбільш поширених видів СКК є решітчасті конструкції, які формуються в результаті решітчастокодової модуляції РКМ (*trellis coded modulation TCM*) [4].

На рис. 3 наведені результати моделювання залежностей ймовірності p_b від відношення E_b/N_0 для РКМ, а також відповідна залежність для випадку передачі без кодування при тому ж значенні питомої швидкості передачі $\gamma = 2$ (ФМ-4). Аналогічні залежності для випадку використання СКК на основі решітчастого кодера з параметрами: кількість станів кодера $Q = 8$, кількість кодових символів $n = 4$, кількість вхідних символів $k = 3$ та ансамблю сигналів КАМ-16 – показані на рис. 4, де також проводиться порівняння з передачею без кодування при тій ж питомій швидкості передачі $\gamma = 3$ (ФМ-8).

Як видно з наведених залежностей, використання модуляції РКМ дозволяє досягти істотного зниження енергетичних втрат, що викликані використанням спектрально ефективних методів модуляції без кодування.

Як видно з результатів моделювання, що показані на рис. 4, ускладнення кодувального пристрою (збільшення кількості чарунок пам'яті ν) при РКМ несуттєво відбивається на енергетичній ефективності. У будь-якому випадку вибір значень ν більше 2-3 не дає істотного ефекту.

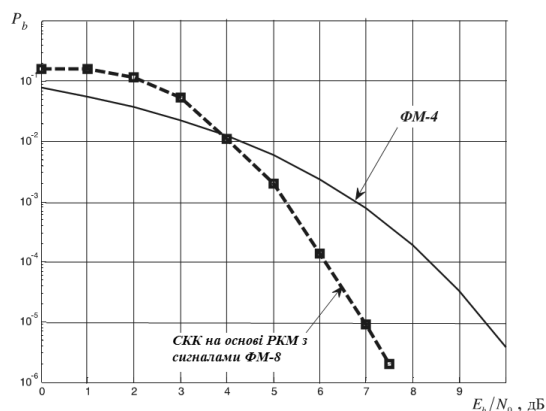


Рис. 3. Порівняння РКМ на основі ФМ-8 з передачею без кодування

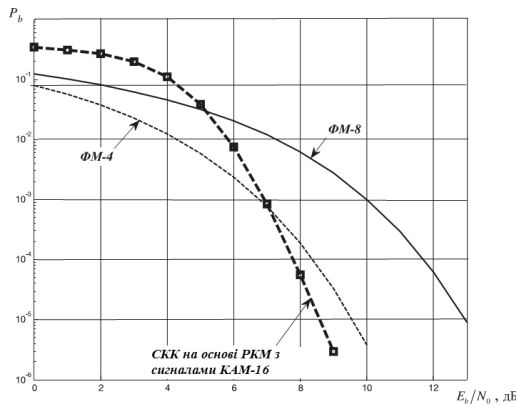


Рис. 4. Порівняння РКМ на основі КАМ-16 з передачею без кодування

Крім того, показники ефективності РКМ досить далекі від потенційно можливих, що визначаються межею Шенона.

Необхідно звернути увагу на те, що решітчастий кодер, по суті, є m -ічним кодером, тому доцільно для побудови СКК використовувати широко відомий недвійковий блоковий код Ріда–Соломона (РС) [2, 3]. Наприклад, використання коду РС у поєднанні з методом модуляції КАМ-64 та кодуванням двійкових повідомлень відносно простим 64-ічним кодом РС вигляду (63, 53) забезпечує значення ймовірності $p_b = 10^{-5}$ при $E_b/N_0 \approx 14,3$ дБ.

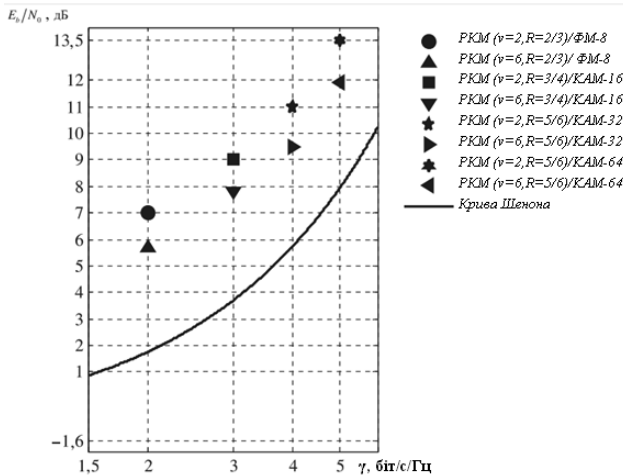


Рис. 5. Показники енергетичної та спектральної ефективності СКК на основі РКМ

Така СКК, що має спектральну ефективність $\gamma = (53/63)\log_2 64 \approx 5,05$, як видно з рис. 5, має таку ж саму енергетичну та спектральну ефективність, що й РКМ на основі КАМ-64. Подібний метод блокового недвійкового кодування можливо узагальнити та кодувати блок з K двійкових символів за допомогою $J = \log_2 m$ двійкових компонентних кодерів [5] однієї довжини N , спільно формуючи m -ічні символи, де $K = \sum_{j=1}^J K_j$. Така схема СКК дозволяє формувати ансамбль з $m = 2^K$ складених сигналів, кожний з яких містить N елементарних сигналів. При цьому вибір компонентних кодів та параметра K_j може бути заснований на врахуванні

взаємних евклідових відстаней між сигналами КАМ. На цьому принципі засновано побудову багаторівневої кодової модуляції БКМ (MultiLevel Coded Modulation MLCM) [6].

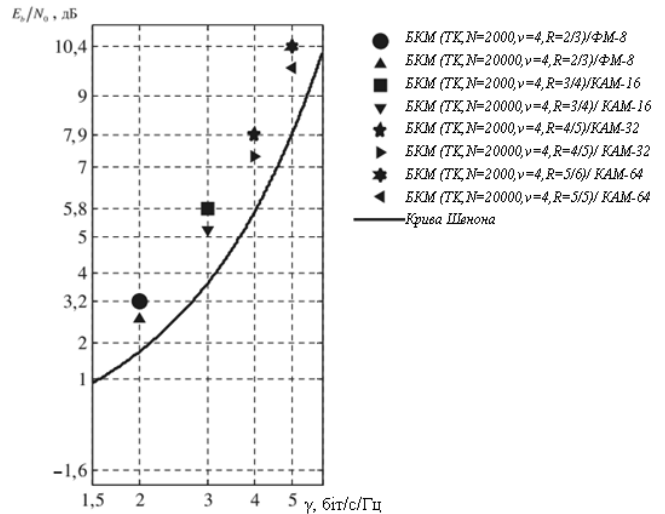


Рис. 6. Показники енергетичної та спектральної ефективності СКК на основі БКМ

Як компонентні коди можуть бути використані будь-які блочні коди. Для прикладу на рис. 5 наведені показники енергетичної та спектральної ефективності СКК на основі БКМ, де як компонентні коди використані турбо-коди (ТК), побудовані на основі рекурсивного згорткового кодера з $\nu = 4$ чарунками пам'яті [7].

Як видно з рис. 6, подібні СКК мають помітний енергетичний виграш у порівнянні з СКК на основі РКМ, хоча їх істотним недоліком є складність реалізації алгоритму декодування, який, як правило, передбачає використання більшої кількості компонентних декодерів. Наприклад, БКМ з ТК для сигналів КАМ-64 вимагає використання п'яти декодерів ТК.

Методи РКМ та БКМ засновані на врахуванні кодером взаємних евклідових відстаней ансамблю сигналів модулятора. Альтернативним підходом, що не враховує такі відстані, як і в розглянутому вище кодуванні кодом РС в поєднанні з КАМ, є застосування кодування, орієнтованого на модуляцію сигналів ФМ-2 і ФМ-4 у поєднанні з недвійковою модуляцією спектрально ефективними сигналами ФМ-М та КАМ. Стимулом до цього, насамперед, є забезпечення прийнятної складності реалізації декодування на основі застосування розроблених і широко використовуваних декодерів.

При цьому двійкові кодові символи перед модуляцією піддають операції перемежування, глибина якого визначається величиною $\log_2 m$. Тоді на вхід модулятора надходить потік двійкових каналних символів, які наближено можна вважати статично незалежними. При цьому вибір кожного з m сигналів модулятора відбувається з ймовірністю, близькою до величини $1/m$.

Крім того, при вказаних вище умовах вихідні двійкові значення демодулятора можуть утворюватися шляхом прийняття «м'яких» незалежних рішень про кожен з $\log_2 m$ таких символів. Як «м'які» рішення можуть

використовуватися апостеріорні ймовірності символів. У результаті після депережежування «м'яких» рішень демодулятора на вхід двійкового декодера надходить потік «м'яких» рішень про передані двійкові кодові символи. На цьому заснований метод [6], що отримав назву кодової модуляції з бітовим пережежуванням КМБП (bit-interleaved coded modulation BICM).

Такий метод знайшов широке використання в сучасних системах зв'язку завдяки наявності ефективних кодів та розроблених для них декодерів з «м'яким» входом. До таких кодів насамперед відносяться ТК та коди з малою щільністю перевірок на парність (Low-Density Parity-Check LDPC), або низькощільнісні коди [8]. Наприклад, в цифровому телевізійному мовленні стандартів DVB-T2, DVB-S2, DVB-C2 саме таким чином поєднуються сигнали з модуляціями типу ФМ-М та КАМ та двійкове кодування низькощільнісним кодом. Іншим прикладом служить безпроводна система мобільного доступу стандарту IEEE 802.16e/m (Mobile WiMax/WiMax 2), де використовуються ТК.

Як приклад на рис. 7 наведені результати моделювання залежностей ймовірності p_b від відношення E_b/N_0 для КМБП з ТК стандарту IEEE 802.16e/m.

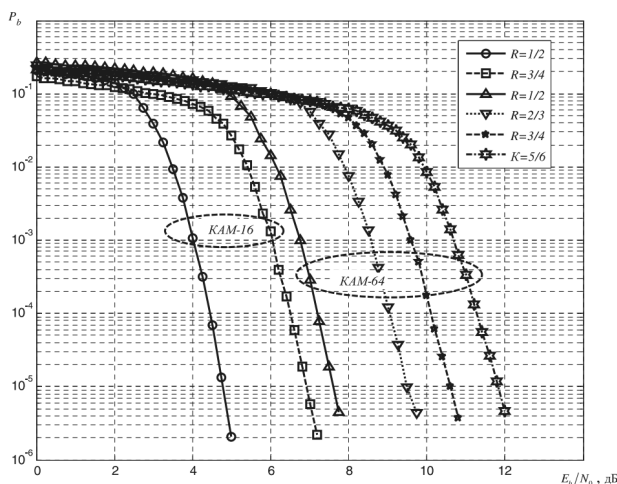


Рис. 7. Завадостійкість КМБП з ТК стандарту IEEE 802.16e/m

Висновки

Як показує проведений аналіз, історично склався погляд про переваги СКК, що засновані на використанні спектрально ефективних методів модуляції, проте модуляція типу ФМ-М та КАМ у поєднанні з алгоритмами кодування, що забезпечують мінімальне значення евклідової відстані ансамблів сигналів, що формуються, є, безумовно, найкращім поєднанням. При цьому поширена думка про переваги СКК саме на основі РКМ може бути скоригована за результатом проведеного вище аналізу ефективності СКК на основі БКМ, оскільки в

останньому випадку вдається забезпечити ефективність, що досить близька до границі Шенона.

З іншого боку, врахування складності реалізації декодувальних пристроїв призводить до висновку про доцільність розгляду альтернативних методів побудови СКК, заснованих на застосуванні добре розроблених методів кодування, орієнтованих на модуляцію сигналів ФМ-2 і ФМ-4, в поєднанні з МФМ та КАМ. До таких СКК відносяться, наприклад, конструкції на основі кодової модуляції з бітовим пережежуванням в поєднанні з турбо-кодами або кодами з малою щільністю перевірок на парність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Банкет В. Л. Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах / В. Л. Банкет. – Одесса : Фенікс. – 180 с.
2. Кувшинов, О. В. Теорія електричного зв'язку. Ч. 2: Основи теорії завадостійкості, кодування та інформації : підруч. [Текст] / О. В. Кувшинов, С. П. Лівенцев, О. П. Лежнюк [та ін.]. – К. : ВІПІ НТУУ «КПІ», 2008. – 286 с.
3. Волков, Л. Н. Основы цифровой радиосвязи : базовые методы и характеристики : учеб. пособие [Текст] / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. – М. : Эхо Трендз, 2005.
4. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Б. Скляр ; пер. с англ. – М. : ИД Вильямс, 2003.
5. Зяблов, В. В. Высокоскоростная передача информации в реальных каналах [Текст] / В. В. Зяблов, Д. Л. Коробков, С. Л. Портной. – М. : Радио и связь, 1991. – 288 с.
6. Wachsmann, U. Multilevel codes: Theoretical concepts and practical design rules [Text] / U. Wachsmann, R.F.H. Fischer, J.B. Huber // IEEE Transactions On Information Theory. – July 1999. – Vol. 45. – № 5. – P. 1361–1391.
7. Золотарёв, В. В. Помехоустойчивое кодирование : методы и алгоритмы : справ. [Текст] / В. В. Золотарёв, Г. В. Овечкин. – М. : Горячая линия–Телеком, 2004.
8. Морелос-Сарагоса. Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение [Текст] / Р. Морелос-Сарагоса; пер. с англ. – М. : Техносфера, 2005.

Рецензент М. І. Луханін, д-р техн. наук, проф.,
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та
військової техніки Збройних Сил України, м. Київ

УДК 623.983

А. В. ДЕРЕПА,

кандидат технических наук (Центральный
научно-исследовательский институт
вооружения и военной техники, г. Киев)

Две составляющие гидроакустического вооружения в комплексной системе «гидроакустическое вооружение – надводный корабль»

Исходя из задачи систематизированного исследования характеристик гидроакустического вооружения в реальных условиях, рассматриваются особенности комплексных систем «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» с антеннами, размещенными на корпусе надводного корабля, и с антеннами переменной глубины.

Виходячи із задачі систематизованого дослідження характеристик гідроакустичного озброєння, розглядаються особливості комплексних систем «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» з антенами, розміщеними на корпусі корабля та з антенами змінної глибини.

Сложный характер распределения гидрофизических полей в водных массах Мирового океана, влияющий на распространение звуковых волн в нем, обусловил необходимость адаптации к нему комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» с целью максимальной реализации потенциальных возможностей извлечения гидроакустической информации, содержащейся в этих водных массах. Очевиден вывод о целесообразности построения этой комплексной системы в виде двух составляющих ее гидроакустического вооружения [1]. Критерием различия между ними являются условия размещения источников и приемников звука – гидроакустических антенн на надводном корабле-носителе.

Антенны, используемые в комплексных системах «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», являются важнейшим структурным элементом этих систем, во многом определяющим их тактико-технические характеристики, и отличаются значительным разнообразием по форме и размерам, по способам формирования и управления направленными свойствами, по способам преобразования электрической энергии в звуковую, и наоборот, по способам размещения на надводном корабле (НК) и условиям эксплуатации.

Выбор условий размещения гидроакустической антенны на корабле и ее вида определяется результатами системного анализа системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» («ГАС-НК») по критерию, в котором учитываются требования максимальной эффективности функционирования комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль». В системе «ГАС-НК» возможны только две схемы размещения гидроакустических антенн: на корпусе корабля и вне корпуса корабля (рис. 1). Исходя из этого, появились технически реализуемые две составляющие гидроакустического вооружения этой системы. Одна из них базируется на гидроакустических антеннах, стационарно устанавливаемых на корпусе надводного корабля (в дальнейшем – корпусные антенны). Вторая составляющая основана на гидроакустических антеннах, вынесенных в рабочее состояние за пределы корпуса корабля. Такие гидроакустические антенны могут быть перемещены по глубине в водной массе. Эта составляющая получила название ГАС с антенной переменной глубины (АПГ) [2].

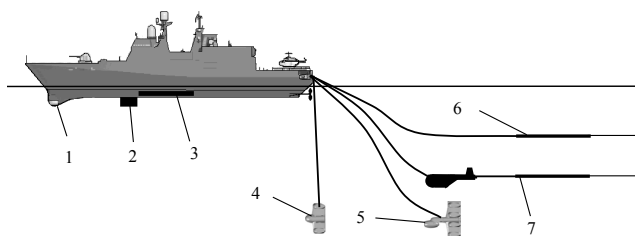


Рис. 1. Схема возможного размещения гидроакустических антенн:

1 – в бульбовом обтекателе; 2 – в подкильном обтекателе; 3 – планарная антенна (бортовая или в подкильном обтекателе); 4 – сосредоточенная опускаемая антенна; 5 – сосредоточенная буксируемая антенна; 6 – гибкая протяженная буксируемая антенна в составе длинномерного носителя с распределенными параметрами; 7 – гибкая протяженная буксируемая антенна в составе носителя с сосредоточенным заглубителем

Каждая из этих составляющих гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» отличается своими особенностями, достоинствами и недостатками, решая при этом практически одинаковый объем задач, но с различающимися, иногда очень значительно, тактико-техническими характеристиками.

Система «ГАС-НК» с гидроакустическими антеннами, стационарно размещенными на корпусе корабля.

Эта составляющая гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» долгое время была основной и единственной составляющей. Ее основой являются ГАС с излучающими и приемными гидроакустическими антеннами, размещенными стационарно на корпусе корабля. Для этой составляющей гидроакустического вооружения характерны:

большая дальность действия в неограничивающих гидролого-акустических условиях, в частности, при положительной рефракции звуковых лучей выше слоя скачка скорости звука;

относительно высокая точность пеленгования, обусловленная жестким креплением гидроакустической антенны на корпусе корабля внутри камеры обтекателя; отсутствие ограничений по маневренности НК;

отсутствие необходимости изменения архитектуры НК с целью установки на нем в кормовой части устройств постановки-выборки гидроакустических антенн.

Развитие требований, предъявляемых к корабельным ГАС различного назначения, нашло свою техническую реализацию в совершенствовании корпусных гидроакустических антенн в части их размещения на корпусе корабля, формы, размеров и условий эксплуатации. Желание использовать для повышения эффективности ГАС снижение ее рабочей частоты обусловило необходимость выделения для размещения гидроакустических антенн значительной части длины корабля и применения так называемой конформной антенны, повторяющей формы корпуса корабля. Частным ее случаем для надводного корабля стали плоские бортовые антенны. Некоторое применение нашли и сферические гидроакустические антенны (рис. 2). Однако наиболее широкое распространение получили в качестве основных антенн ГАС НК круговые цилиндрические антенны (рис. 3) благодаря возможности обеспечения кругового обзора пространства при относительно небольших аппаратных затратах. Они могут устанавливаться в носовом бульбовом обтекателе (рис. 4) или в стационарном подкильном обтекателе (рис. 5).

Основным недостатком ГАС со стационарными корпусными антеннами является то, что наращивание потенциала комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» связано с существенными изменениями архитектуры корабля, его размерений и водоизмещения. Так, например, практическая реализация постоянно существующей в гидроакустике тенденции снижения рабочих частот привела к появлению:

развитых планарных и конформных (рис. 6) гидроакустических антенн и соответствующему изменению размерений корабля;

бульбовых обтекателей в носовой оконечности корабля, что существенно увеличивает осадку корабля и ухудшает его мореходные качества, в частности маневренность.



Рис. 2. Сферическая антенна ГАС «Spherion» ВМС Франции

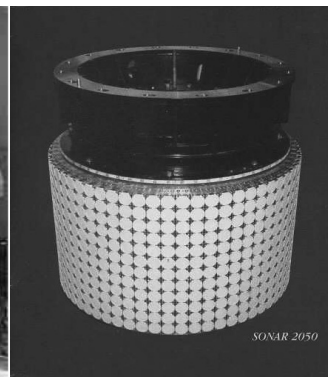


Рис. 3. Цилиндрическая антенна ГАС 2050 ВМС Великобритании

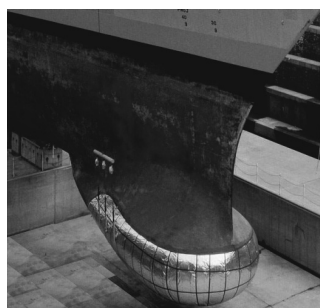


Рис. 4. Бульбовый обтекатель ГАС AN/SQS-53 (США)



Рис. 5. Подкильный обтекатель ГАС SQS-510 (США)

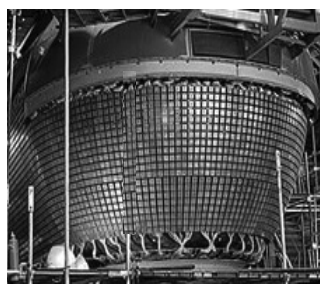


Рис. 6. Конформная гидроакустическая антенна ОАО «Концерн «Океанприбор» (РФ)

Система «ГАС-НК» с антеннами переменной глубины.

Вторая составляющая гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», основой которой являются ГАС с излучающими и приемными антеннами, вынесенными за корпус корабля с целью обеспечения возможности изменения рабочей глубины их эксплуатации (антенны переменной глубины), призвана обеспечить требуемую эффективность системы в таких сигнально-помеховых и гидролого-акустических условиях, когда возможности ГАС с антеннами, установленными

на корпусе корабля, существенно снижаются, например, для обнаружения цели, находящейся под слоем скачка (рис. 7) [3].

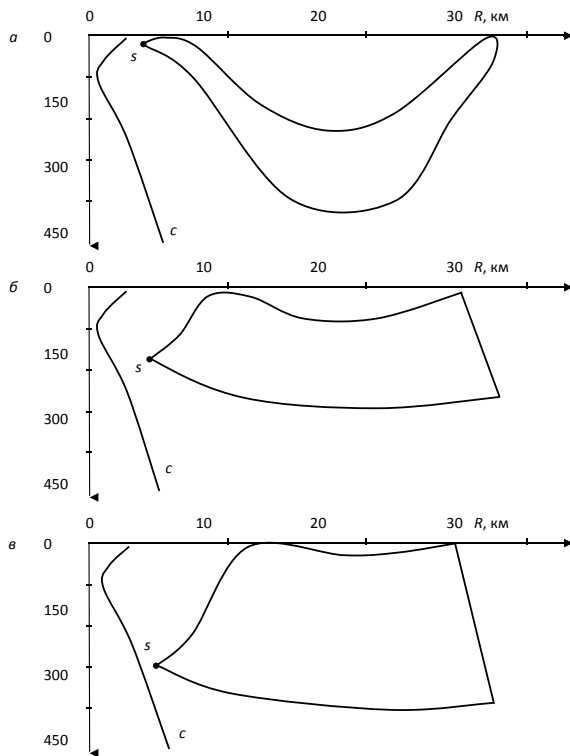


Рис. 7. Зоны, освещаемые ГАС с объемными АПГ при различных глубинах размещения АПГ (s):
а – $H = 10$ м; б – $H = 250$ м; в – $H = 450$ м;
 R – горизонтальная дальность; c – вертикальное распределение скорости звука

Принципиальной особенностью ГАС с антеннами переменной глубины является наличие в их составе трех компонентов: гидроакустических антенн, которые могут быть буксируемыми и опускаемыми; аппаратуры обработки информации и системы буксировки (спуска-подъема) антенн. Последняя включает в себя кабель-буксир и буксируемое или опускаемое тело (рис. 8), в котором размещаются гидроакустические антенны, или гидродинамический заглубитель, если гидроакустические антенны вынесены за пределы буксируемого тела (рис. 9).

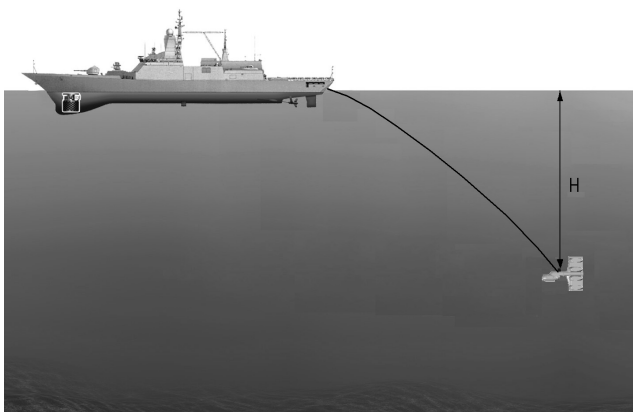


Рис. 8. Схема буксировки антенны переменной глубины в буксируемом теле

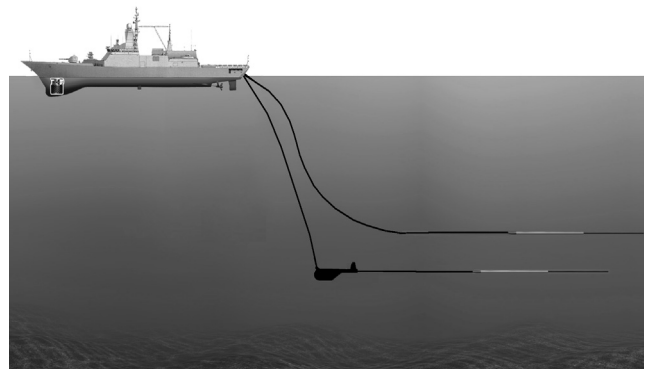


Рис. 9. Схема буксировки антенны переменной глубины:
1 – с использованием тяжелого кабель-буксира;
2 – с использованием гидродинамического заглубителя

На рис. 10, 11 показаны возможные варианты реализации буксируемых тел, в которых размещены гидроакустические антенны.

Система буксировки обеспечивает вывод антенны переменной глубины на заданную глубину при требуемом удалении от корабля-носителя ГАС и последующую стабильность пространственного положения антенны во время работы. Кроме системы буксировки антенны на кормовом срезе надводного корабля должно быть размещено устройство хранения, постановки и выборки (УХПВ) системы буксировки. Оно предназначено для хранения системы буксировки по-походному, разворачивания ее в рабочее положение и выборки ее на борт корабля-носителя по окончании сеанса работы. На НК используется вариант УХПВ, состоящий из силовой лебедки, манипулятора и барабана.

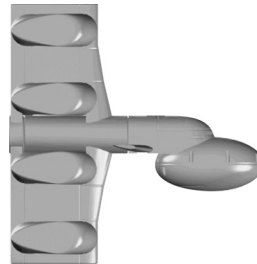


Рис. 10. Буксируемое тело ГАС CAPTAS NANO UMC 4320 (Франция)

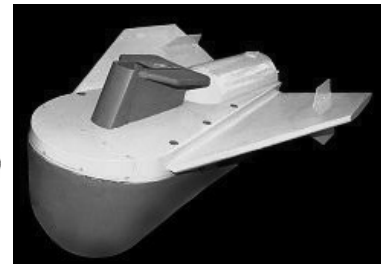


Рис. 11. Буксируемое тело ГАС «Виньетка» (Россия)

На барабан наматывается кабель-буксир, манипулятор используется для постановки и выборки буксируемого тела или заглубителя. С его помощью буксируемое тело или заглубитель в процессе постановки антенны переменной глубины поднимается с ложемента и вывешивается за кормой корабля, а при выборке подхватывается, поднимается на борт корабля и укладывается обратно на ложемент. На рис. 12–15 показаны варианты исполнения подъемно-опускных устройств ГАС.



Рис. 12. Подъемно-опускное и антенное устройства ГАС AN/AQS-18 (США)

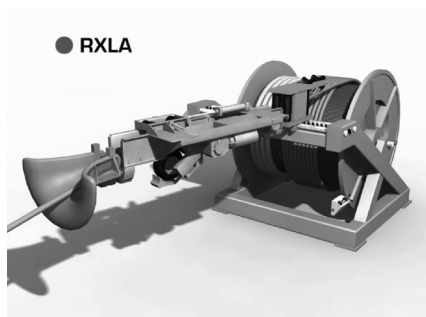


Рис. 13. Подъемно-опускное устройство ГАС CAPTAS NANO UMC 4320 (Франция)

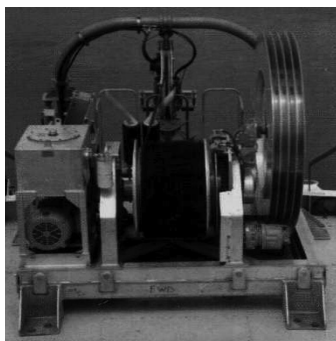


Рис. 14. Спускоподъемное устройство ГАС LFATS (США)

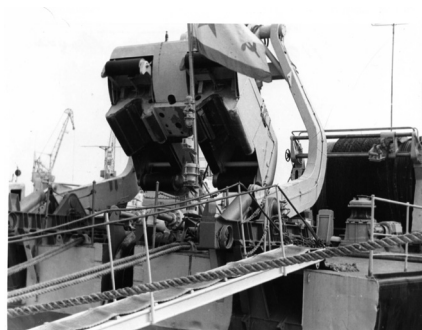


Рис. 15. Подъемно-опускное устройство буксируемых ГАС противолодочных кораблей ВМФ России

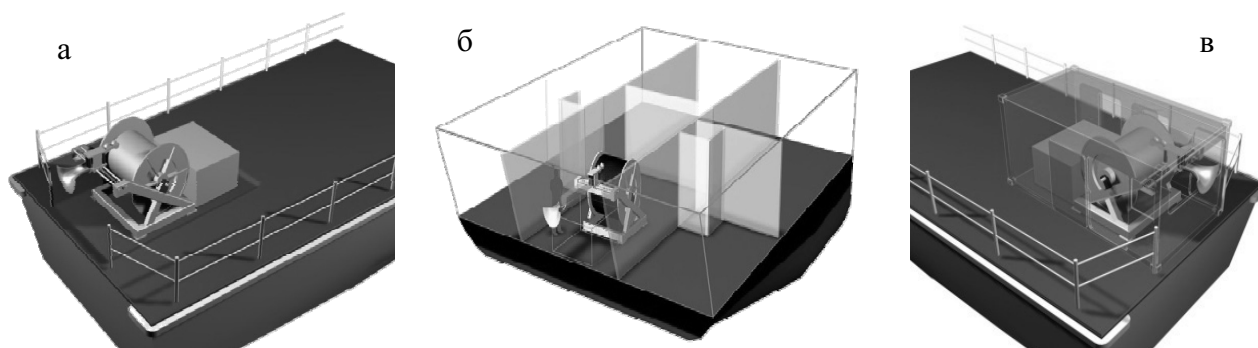


Рис. 16. Варианты установки подъемно-опускного устройства:
а – на палубе; б – под палубой; в – в контейнере

Возможны разные варианты установки подъемно-опускного устройства на корабле-носителе, например: на палубе корабля; под палубой корабля в отдельном помещении; в контейнере (рис. 16).

Описанная структурная схема построения второй составляющей гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» позволяет использовать:

принцип открытой архитектуры корабля-носителя ГАС;
различные режимы эксплуатации рассматриваемой комплексной системы, позволяющие улучшить сигнально-помеховую ситуацию;

диапазоны частот, недоступные традиционным шумопеленгаторным ГАС с корпусными гидроакустическими антеннами;

возможности адаптации комплексной системы к гидролого-акустическим условиям путем изменения уровня заглубления АПГ;

возможность удаления АПГ от корабля-носителя ГАС как источника интенсивных помех ее работе;

возможности создания АПГ с апертурой, значительно превосходящей апертуру ранее применявшихся гидроакустических антенн и превышающих длину корабля-носителя ГАС;

возможности обнаружения цели в пассивном режиме при движении корабля-носителя ГАС на большой скорости.

Принцип открытой архитектуры корабля предусматривает, что развитие и модернизацию ГАС системы «ГАС-НК» можно вести автономно, без необходимости докования корабля, а замену ГАС на корабле осуществлять с меньшими затратами сил и средств.

Вместе с тем, этой второй составляющей гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль»

присущи и определенные недостатки. Прежде всего они связаны с необходимостью изменения типовой архитектуры корабля, обусловленного требованием размещения на нем специального, достаточно габаритного и тяжелого устройства хранения, постановки и выборки АПГ. Использование ГАС с АПГ ограничено состоянием моря. Управление положением буксируемого тела, в котором располагается гидроакустическая антенна, представляет собой сложный процесс, связанный, в частности, и с необходимостью учета его вертикальных перемещений, особенно при изменении курса или скорости корабля-буксировщика. Определенные проблемы возникают на НК малого и среднего водоизмещения в связи с необходимостью размещения в кормовой части габаритного и тяжелого устройства постановки и выборки АПГ.

На сегодняшний день вторая составляющая гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» делится на две большие группы: ГАС с сосредоточенными или объемными антеннами и ГАС с гибкими протяженными буксируемыми антеннами. ГАС с АПГ могут иметь гидроакустические антенны таких видов:

- активные, активно-пассивные и пассивные;
- буксируемые и опускаемые;

- сосредоточенные с жестким корпусом и протяженные с гибкими связями между элементами.

ГАС с АПГ могут использоваться в следующих режимах эксплуатации корабля-носителя ГАС:

- а) при нахождении корабля-носителя в дрейфе. Это условие реализуется для работы ГАС с опускаемыми АПГ в малозумных условиях;

- б) при работе системы «ГАС-НК» по схеме режима «спринт-дрейф», когда после перехода НК на большой скорости в намеченную точку акватории (фаза «спринт») НК останавливается, осуществляет постановку АПГ и производит в условиях малых шумов обзор пространства (фаза «дрейф»). Затем АПГ выбирается на борт корабля, который переходит в новую точку наблюдения;

- в) при буксировке АПГ с постоянной скоростью. Этот режим позволяет осуществлять обзор акватории с помощью ГАС с буксируемыми АПГ;

- г) при работе системы «ГАС-НК» по схеме режима «старт-стоп», когда периодически обеспечивается медленный, со скоростью, равной скорости буксировки, выпуск АПГ и последующая ее быстрая выборка. Такой режим обеспечивает малую шумность при работе ГАС с буксируемыми АПГ.

Каждый из режимов эксплуатации ГАС с АПГ имеет свои преимущества и недостатки. Наибольшее распространение получил вариант буксировки АПГ с постоянной скоростью. Причем в этом варианте, исходя из оперативно-тактических соображений, всегда стремятся к повышению скорости буксировки. Мероприятия, обеспечивающие реализацию этого стремления, будут рассмотрены далее.

ГАС с сосредоточенными АПГ появились в связи с необходимостью обнаружения целей в неблагоприятных гидролого-акустических условиях. ГАС с сосредоточенными АПГ могут быть буксируемыми и опускаемыми, работают в активно-пассивном режиме, обычно

в среднем диапазоне звуковых частот. К достоинствам ГАС с сосредоточенными АПГ следует отнести:

- обеспечение наилучших условий для обнаружения целей, в том числе находящихся ниже слоя скачка скорости звука;

- уменьшение уровня помех от собственного корабля-носителя;

- минимизацию дестабилизирующего влияния качки корабля;

- снижение влияния помех, обусловленное волнением на поверхности моря;

- создание возможности заглубления гидроакустических антенн на ось подводного звукового канала, что резко увеличивает дальность действия системы «ГАС-НК»;

- исключение затенения кормового сектора обзора корпусом корабля и кильватерной струей.

ГАС с АПГ в виде гибких протяженных буксируемых антенн (ГПБА), появились как ответ на вызов, выразившийся в значительном снижении шумности подводных лодок (ПЛ). Их появлению способствовало также наличие описанных выше недостатков ГАС с сосредоточенными АПГ, которые в максимальной мере проявились при эксплуатации ГАС с такими антеннами. ГАС с длиномерными АПГ могут быть пассивными и активно-пассивными. Работают в инфразвуковом и низком звуковом диапазонах частот. Использование диапазона частот, недоступного для традиционных шумопеленгаторных ГАС с гидроакустическими антеннами, размещаемыми на корпусе корабля, или для ГАС с сосредоточенными АПГ, расширяет возможности систем «ГАС-НК» по обнаружению ПЛ и НК за счет их дискретных составляющих в спектрах шумоизлучения кораблей, обеспечивая, в частности, и дальнейшее «загоризонтное» обнаружение целей.

ГАС с ГПБА обеспечивают возможности создания гидроакустических антенн с апертурой, превосходящей апертуру ранее применявшихся антенн и размеры самого корабля-носителя ГАС, что позволяет формировать высокую направленность антенн в низком диапазоне частот, обеспечивая необходимое качество обнаружения целей и разрешающую способность их по пространству. В последние годы дальнейшее уменьшение шумности ПЛ обусловило снижение интереса к использованию ГАС с ГПБА в качестве шумопеленгаторных станций. На смену им были предложены активные ГАС с ГПБА, буксируемая часть которых состоит из буксируемого тела с низкочастотным излучателем и ГПБА, обеспечивающей прием эхосигналов в режиме эхопеленгования и шумовых сигналов в режиме шумопеленгования.

Благодаря использованию низкочастотных зондирующих сигналов ГАС с ГПБА приобрели новые качества. Они позволили обеспечить значительное повышение эффективности обнаружения малозумных ПЛ в мелководных акваториях со сложными гидролого-акустическими условиями. Так, дальность обнаружения ПЛ и определения их координат в мелководных прибрежных районах моря в условиях сплошной акустической освещенности достигает 20 км, в глубоком море – на дистанциях первой дальней зоны акустической освещенности (до 65 км).

При построении активной ГАС с ГПБА первостепенное значение приобретает создание компактного

низкочастотного излучающего модуля, причем предпочтение отдается таким излучателям, которые обеспечивают малое лобовое сопротивление буксируемого тела. Реализация этого требования осуществляется по нескольким направлениям [4]. Одним из них является применение специально созданных для этих целей всенаправленных мощных эллиптических гидроакустических преобразователей арочного и продольно-изгибного типов. Второе направление включает в себя применение всенаправленных мощных водозаполненных цилиндрических преобразователей, размещение их на буксируемом теле так, чтобы их продольные оси совпадали с направлением буксировки ГПБА, тем самым существенно снижая сечение по миделю излучающего модуля. Третье направление образуют низкочастотные биморфные пластинчатые гидроакустические преобразователи. Имея чрезвычайно малый поперечный и малые волновые размеры, они могут быть созданы на очень низкие частоты (до 30–50 Гц). Сравнительно малая излучаемая мощность их может быть увеличена путем набора таких преобразователей в виде линейной антенной решетки с гибкими связями между ее элементами. Еще одним направлением может быть создание излучающего модуля в виде системы излучателей, образующих объемную антенную решетку, вытянутую вдоль направления буксировки модуля.

И пассивные, и активные ГАС с ГПБА обладают еще одним, характерным только для них, существенным недостатком, дополняющим изложенные выше общие недостатки системы «ГАС-НК» с ГПБА. Этот недостаток связан со специфичностью ГПБА как элемента системы «ГАС-НК». ГПБА представляет собой линейную антенную решетку, формирующую характеристику направленности в виде тела вращения. При этом возникает лево-правосторонняя неоднозначность определения пеленга цели в горизонтальной плоскости. Наличие неоднозначности при пеленговании накладывает тактические ограничения на взаимодействие эскортных надводных кораблей, оснащенных ГАС с ГПБА, с охраняемыми кораблями. Корабли охраны должны располагаться на значительном удалении во избежание сокращения сектора обзора ГАС. В общем случае неоднозначность пеленга может быть устранена путем маневрирования корабля-буксировщика ГАС с ГПБА. Например, при выполнении циркуляции вправо курсовой угол цели, находящейся по левому борту, увеличивается, а курсовой угол цели, находящейся по правому борту, уменьшается. Если целей несколько, то все они разделяются на левосторонние и правосторонние. Однако для выполнения такого маневра требуется достаточно большое время. Значительное время (около 10 мин.) необходимо для восстановления линейности ГПБА после маневра корабля. При небольших дистанциях до цели неоднозначность пеленга может быть устранена путем анализа траектории движения цели, что также требует определенных затрат времени. В этой связи необходима разработка способов устранения неоднозначности пеленга, не требующих маневра корабля-буксировщика ГАС с ГПБА. Современные методы устранения неоднозначности определения направления пеленга заключаются в использовании следующих технологий:

применение кардиоидных приемников, размещаемых на концевом теле ГПБА и ориентированных своими максимумами в левое и правое полупространства; использование двух и более ГПБА, буксируемых параллельно друг другу на малых по сравнению с длиной волны расстояниях, и совместная обработка сигналов от такой многолинейной системы антенн;

создание ГПБА, в которых вместо одиночных гидрофонов используются трехэлементные гидрофоны, в связи с чем внутри одной оболочки содержатся три линии, составленные из гидрофонов.

В активно-пассивных ГАС с ГПБА устранение неоднозначности пеленгования может осуществляться с помощью направленного излучения попеременно в сторону левого и правого борта.

Выводы

В гидроакустических комплексах и гидроакустических системах комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» используются как антенны, стационарно устанавливаемые на корпусе надводного корабля, так и антенны переменной глубины. Антенны переменной глубины подразделяются на буксируемые и опускаемые. В свою очередь, к буксируемым антеннам переменной глубины относятся сосредоточенные буксируемые антенны и гибкие протяженные буксируемые антенны. Выбор той или иной антенны определяется, в конечном счете, результатом системного анализа по критерию «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», при котором учитываются требования согласования формы антенны с обводами надводного корабля, его размерениями, возможностью сбора информации на разных горизонтах с учетом гидролого-акустических условий моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерепан, А. В. Гидролого-акустические особенности морской среды и их влияние на структуру построения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» [Текст] / А. В. Дерепан // Озброєння та військова техніка. – 2015. – № 4 (8). – С. 15–21.
2. Справочник по гидроакустике [Текст] / А. П. Евтюков, А. Е. Колесников [и др.]. – Л. : Судостроение, 1988. – 552 с.
3. Корякин, Ю. А. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы [Текст] / Ю. А. Корякин, С. А. Смирнов, Г. В. Яковлев – СПб. : Наука, 2004. – 410 с.
4. Дідковський, В. С. Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій [Текст] / В. С. Дідковський, С. М. Порошин, О. Г. Лейко, О. І. Дрозденко. – Харків : ХНТУ, 2013 – 390 с.

Рецензент А. Г. Лейко, д-р техн. наук, проф., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

УДК 623.4.017

П. П. ЧАБАНЕНКО, доктор військових наук
О. М. БЕРЕЖНИЙ, кандидат технічних наук
 (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

Врахування розмаху ресурсу виробів військового призначення при подовженні їх терміну служби

Виявлені межі розмаху ресурсу виробів військового призначення, в границях яких можливе обґрунтоване продовження експлуатації понад нормативний термін служби. Встановлений функціональний зв'язок параметрів розподілів меж розмаху ресурсу з вихідними характеристиками напрацювання на відмову невідновлювальної частини виробів.

Выявлены границы размаха ресурса изделий военного назначения, в пределах которых возможно обоснованное продление эксплуатации сверх нормативного срока службы. Установлена функциональная связь параметров распределенный границ размаха ресурса с исходными характеристиками наработки на отказ невосстанавливаемой части изделий.

Термін служби виробу військового призначення (ВВП) – календарна тривалість його експлуатації від її початку до настання граничного стану, в якому його подальше використання неприпустимо або недоцільно з економічних та екологічних причин та безпеки. Нормативному терміну служби співвідноситься призначений ресурс – сумарне напрацювання, при досягненні якого експлуатація виробу повинна бути призупинена незалежно від його технічного стану [1, 2]. Призначений ресурс – величина детермінована. Однак у ВВП, як правило, є невідновлювальна частина (не ремонтується, не підлягає заміні). Відмова цієї частини виробу – випадкова подія. Напрацювання її на відмову – випадковий технічний ресурс. Якщо **невідновлювальна частина виробу** (НЧВ) ще не відмовила і термін служби виробу скінчився, а умови безпеки, економіки та екології дозволяють, то є природний резерв збільшення терміну служби виробу. Прогнозування такої можливості по відношенню до однотипних ВВП – актуальна задача.

Розподіл меж розмаху ресурсу виробів. Для більшості ВВП властива природа відмови, що настає накопиченням декількох направлених, приблизно однакових пошкоджень зі змінами параметра до перевищення допустимого рівня. При цьому втрачається можливість ВВП виконувати потрібну функцію. У таких процесах старіння (знос, деградація) поступово змінюється внутрішня структура виробу, а напрацювання на відмову підпорядковується розподілу Ерланга, узагальнюванням якого є гама-розподіл з щільністю

$$f(t) = \frac{\lambda^\alpha t^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} e^{-\lambda t}, \quad t > 0 \quad (1)$$

де α – параметр форми ($\alpha \geq 1$);
 $\Gamma(\alpha)$ – гама-функція, для цілих α дорівнює $(\alpha - 1)!$;
 λ – параметр масштабу ($\lambda \geq 1$).
 Функція розподілу в цьому випадку має вигляд

$$F(t) = P(T < t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \gamma(\alpha, \lambda t), \quad (2)$$

де $\gamma(\alpha, \lambda t)$ – неповна гама-функція.

Відомий зв'язок основних характеристик гама-розподілу з його параметрами:

$$\left. \begin{array}{l} - \text{математичного сподівання} \\ - \text{дисперсії} \end{array} \right\} \begin{array}{l} m_t = \alpha / \lambda \\ D_t = \alpha^2 / \lambda \end{array} \quad (3)$$

У моделях старіння параметри інтерпретуються:

α – число незалежних близьких пошкоджень за час до рівня відмови (при $\alpha = 1$ відмова з'являється від одного пошкодження);

λ – інтенсивність пошкоджень ($\lambda = 1/m$, де m – середній час між пошкодженнями).

Розглянута модель відображає післядію в процесі експлуатації ВВП, особливо до невідновлювальної його частини, що важливо.

Направлене накопичення пошкоджень ВВП зі швидкістю, що флюктує відповідно до постійної її складової, призводить до переходу ВВП у граничний стан у випадкові моменти часу. Функція розподілу цього часу показує (рис. 1), що в крайніх випадках можливі **ранні** (у зоні

близько T_μ) та **пізні** (у зоні T_M) завершення експлуатації ВВП. Їх значення іменують екстремальними (мінімальним та максимальним), а різниця $\Delta T = T_M - T_\mu$ характеризує розмах фактичного терміну служби ВВП.

Величини T_μ , T_M випадкові, закони розподілу яких необхідно визначити. Завдання виявлення розподілу таких меж розглядалося в математичній статистиці як розподіл екстремальних членів вибірки даних. Якщо випадкова величина T підпорядковується деякій функції розподілу $F(t)$ і отримана вибірка даних $\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, то

$$T_\mu = \min(T_i), \quad T_M = \max(T_i), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

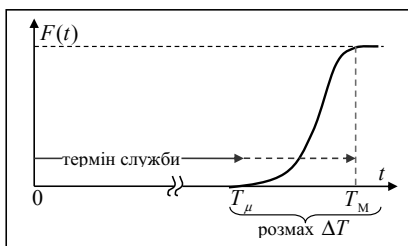


Рис. 1. Розмах терміну служби виробу

Функції розподілу цих величин можливо визначити за формулами

$$\left. \begin{aligned} F_\mu(t) &= 1 - [1 - F(t)]^n \\ F_M(t) &= F^n(t) \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

На рис. 2 показані розподіли $F_\mu(t)$ та $F_M(t)$ для зростаючого числа виробів ($n = 1, 2, \dots, 30$). Характерне збільшення віддалення цих функцій (розмах зростає), але кожне наступне віддалення за $\Delta n = 1$ менше попереднього (проява збігу до граничного розподілу).

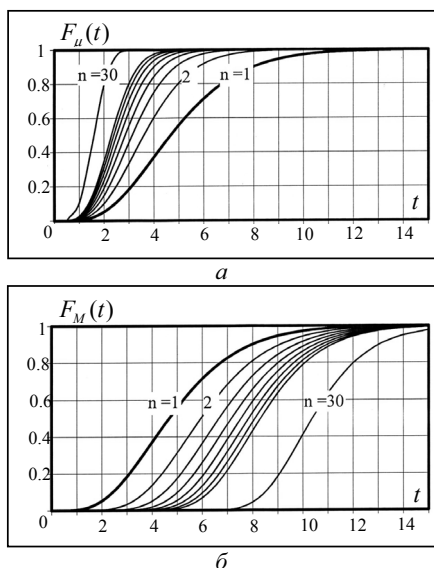


Рис. 2. Сімейство функцій розподілу при $\alpha = 5$ для різного числа n виробів:
 $a - F_\mu(t)$; $b - F_M(t)$

При $n \rightarrow \infty$ асимптотичний розподіл максимуму T_M – подвійний показниковий закон [3] (зображений на рис. 3 щільністю $f(t)$) з функцією розподілу

$$F_M(t) \sim e^{-e^{-b(t-a)}}, \quad (6)$$

де a – параметр зміщення (мода),
 b – параметр масштабу.

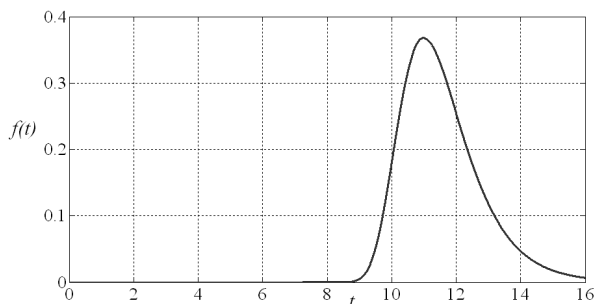


Рис. 3. Щільність подвійного показникового розподілу при $b = 1$, $a = 1$

Максимум послідовності дійсних величин співпадає з точністю до знаку з мінімумом послідовності тих же величин, узятих із зворотним знаком, наприклад: $\max\{6, 1, 17, 11, 5, 9\} = 17$, $\min\{-6, -1, -17, -11, -5, -9\} = -17$.

Тому справедлива тотожність ймовірностей

$$P(X_{\max} < x) = 1 - P(X_{\min} < -x).$$

Це еквівалентно відомому співвідношенню між $F_M(t)$ та функцією розподілу $F_\mu(t)$ мінімального значення вибірки:

$$F_M(t) = 1 - F_\mu(-t) \quad \text{або} \quad F_\mu(t) = 1 - F_M(-t). \quad (7)$$

Підставляючи (6) у (7), отримаємо функцію розподілу величини T_μ

$$F_\mu(t) \sim 1 - \exp\{-e^{b(t-a)}\}. \quad (8)$$

Зв'язок параметрів розподілів крайніх термінів служби виробів з вихідними характеристиками напруцювання на відмову. Скористатися граничним розподілом крайніх ресурсів можливо при великому числі однотипних ВВП, але для цього необхідно мати значення параметрів a, b . Їх експериментальна оцінка для складних ВВП з тривалим терміном служби нереальна. Так, неможливо здобути статистику щодо терміну служби хоча б 20 кораблів одного проекту, коли будівництво одного з них затягується на довгі роки. Тому актуально аналітичне рішення, що встановлює зв'язок параметрів a, b граничних розподілів величин (4) з параметрами α, λ гама-розподілу напруцювання на відмову НЧВ.

Із (5) функція розподілу максимуму ресурсу

$$F_M(t) = [1 - \Delta F(t)]^n, \quad (9)$$

де $\Delta F(t) = 1 - F(t)$ та при $t \rightarrow \infty$ можливо замінити $\Delta F(t)$ на

$$\frac{1}{\lambda} \gamma(t) = \exp\{(\alpha - 1) \ln \lambda t - \lambda t - \ln \Gamma(\alpha)\} = \exp\{A - y(t)\}. \quad (10)$$

Тут $A = (\alpha - 1) \ln \lambda - \ln \Gamma(\alpha)$ від часу не залежить, а функція часу $y(t) = \lambda t - (\alpha - 1) \ln t$.

Нас цікавить границя $F_M(t)$ при $n \rightarrow \infty$, тобто

$$\lim_{n \rightarrow \infty} [1 - \frac{1}{\lambda} \gamma(t)]^n. \quad (11)$$

Характер зміни $F_M(t)$ від t при фіксованому n експоненціально зростаючий, а від n при фіксованому t – експоненціально убуваючий (рис. 2, б). Тому $y(t)$ можливо замінити на $y(n) = \ln n + B$ при B , незалежному від n . Позначивши $B - A$ через θ , із (10) можлива заміна

$$\frac{1}{\lambda} \gamma(t) \rightarrow e^{-(\ln n + \theta)} = \frac{1}{n} e^{-\theta}, \quad (12)$$

де $\theta > 0$ та не залежить від n , але залежить від t .

Підставимо (12) в (11), скористаємося границею

$$\lim_{n \rightarrow \infty} [1 - \frac{K}{n}]^n = e^{-K} \quad (13)$$

і бачимо, що при числі виробів $n \rightarrow \infty$ функція розподілу максимального ресурсу збігається до правої частини (13), де $K = \exp\{-\theta\}$. Якщо $\theta = b(t - a)$, то границя (11) співпадає з подвійним показниковим законом (6).

Нове значення полягає в тому, що вираз (10) у нашому випадку відомий і параметр θ можливо інтерпретувати за функцією $x - (\alpha - 1) \ln x + \ln \Gamma(\alpha)$ при $x = \lambda t$. Запишемо

$$\theta(x) = K \cdot x - d, \quad (14)$$

$$z(x) = x - (\alpha - 1) \ln x + \ln \Gamma(\alpha), \quad (15)$$

де $K = b/\lambda$, $d = ab$.

Порівняємо функції (14) та (15). Перша з них лінійна, інша – увігнута (рис. 4). Припустимо, що $z(x) = \ln n$, що має місце при найбільш вірогідному значенні $t = a$, тобто в моді розподілу (6). Цій точці на рис. 4 співвіднесено значення $\hat{x} = \lambda \cdot a$. Нахил дотичної до $z(x)$ у цій точці дорівнює значенню в ній похідній $z'(\lambda a) = K$.

Таким чином, замінюючи $z(x)$ на дотичну до неї у точці $\hat{x} = \lambda \cdot a$, в якій виконується умова

$$z(x) = \ln n, \quad (16)$$

можливо наближено знайти параметри закону (6). При цьому, як бачимо, враховуються як число виробів n , так і параметри α , λ розподілу максимального ресурсу T_M . Значення n , α , λ є вихідними даними для цього рішення.

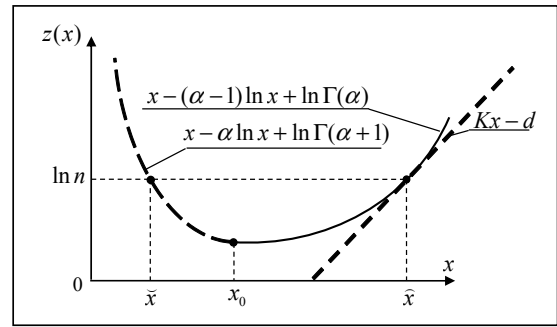


Рис. 4. Порівняння функцій (14) та (15)

Запишемо вираз (16) у явному вигляді:

$$x - (\alpha - 1) \ln x + \ln \Gamma(\alpha) = \ln n \Rightarrow \hat{x} = \lambda \cdot a, \quad a = \hat{x} / \lambda. \quad (17)$$

Це рівняння має два рішення, але нас цікавить рішення на висхідній гілці $z(x)$, коли $\hat{x} > x_0$, а $x_0 = (\alpha - 1)$ – таке значення x , при якому

$$z_{\min} = (\alpha - 1)[1 - \ln(\alpha - 1)] + \ln \Gamma(\alpha) \quad (18)$$

і при цьому

$$\left. \begin{aligned} K &= 1 - \frac{\alpha - 1}{\lambda a} > 0 \\ b &= \lambda - (\alpha - 1)/a \end{aligned} \right\}, \quad (19)$$

де $a = \hat{x} / \lambda$.

Таким чином, параметри a і b подвійного показникового розподілу максимального ресурсу n виробів можливо наближено розрахувати з використанням (17) та (19). Знаючи параметри цього розподілу, від них легко перейти до приблизних оцінок математичного сподівання \tilde{m} та середнього квадратичного відхилення $\tilde{\sigma}$ максимуму терміну служби однотипних виробів, використовуючи відомі вирази

$$\left. \begin{aligned} \tilde{m} &= a + c/b \\ \tilde{\sigma} &= \left| \pi / b \sqrt{6} \right| \end{aligned} \right\}, \quad (20)$$

де $c = 0,5772 \dots$ – постійна Ейлера, $\tilde{\sigma}^2 = \tilde{D}$.

Аналогічним чином знаходяться параметри розподілу мінімального ресурсу T_μ як характеристики дотичної (рис. 4) у точці перетину рівнем $\ln n$ лівої гілки функції $z(x) = x - \alpha \ln x + \ln \Gamma(\alpha + 1)$ з рішенням $\tilde{x} < x_0$ [4]. Відзначимо, що область існування рішень $(\tilde{x}, \hat{x}) \in z \geq x(1 - \ln x) + \ln \Gamma(x + 1)$. Нижче цієї межі асимптотичні розподіли не застосовні та треба скористатися розрахунками за формулами (5).

Висновки

У виробках військового призначення з невідновлювальною частиною, що застаріває, термін служби підлягає гама-розподілу і має розмах між крайніми його значеннями. У границях розмаху ресурсу виробів можливе обґрунтоване продовження їх експлуатації понад нормативний термін на основі експертизи технічного стану згідно із Законом України «Про наукову і науково-технічну експертизу» від 10.02.1995 № 51/95-ВР, діючою

науково-технічною документацією із залученням фахівців підприємства-виробника без перегляду визначення граничного стану цього типу виробів.

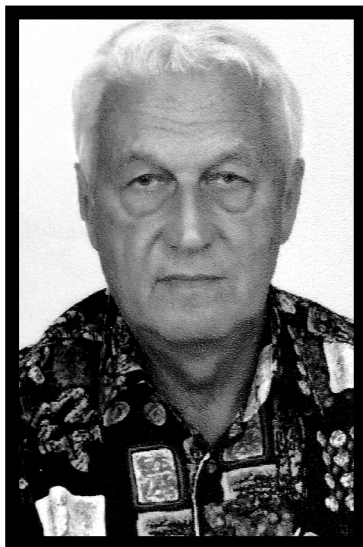
Встановлені область існування та вид функціонального зв'язку параметрів розподілів меж розмаху ресурсу з вихідними характеристиками напрацювання на відмову невідновлювальної частини великого числа однотипних виробів. Для малого їх числа рекомендовані розрахунки за формулами (5).

При перевищенні дальньої межі ресурсу збільшується потік небезпечних відмов, наслідком яких можуть бути аварійні події з неприпустимим збитком своїм силам, навколишньому природному середовищу. Це може викликати необхідність перегляду визначень як критичного, так і граничного стану виробу (якщо це можливо в умовах, що наступили) та правову відповідальність осіб, що приймають рішення про продовження терміну служби ВВП.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ В 3576–97. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення [Текст]. – К. : Держстандарт України, 1997.
2. Чабаненко, П. П. Изменение содержания основных понятий надежности в технике в связи с интеграцией в мировую систему нормативных актов [Текст] / П. П. Чабаненко, В. А. Якимов // Збірник наук. праць. – Севастополь : АВМС ім. П. С.Нахімова, 2011. – Вип. 1 (5). – С. 244–248.
3. Смирнов, Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики [Текст] / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М. : Наука, ГРФМЛ, 1969. – 511 с.
4. Гайдук, С. А. Оцінка безпомилковості й швидкості структур рятувальних операцій на морі з паралельною організацією робіт [Текст] / С. А. Гайдук, П. П. Чабаненко // Збірник наук. праць. – Х. : ХУПС ім. І. Кожедуба, 2014. – Вип. 4 (41). – С. 112–117.

Рецензент А. С. Довгополий, д-р техн. наук, проф.,
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та
військової техніки Збройних Сил України.



БОЙКО

Георгій Олександрович

З великою скорботою повідомляємо Вас, шановні читачі, про важку втрату редакції журналу. На 82 році пішов з життя Головний редактор журналу, доктор технічних наук, професор, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії моделювання процесів функціонування зразків (комплексів, систем) озброєння та військової техніки Сухопутних військ Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Понад 60 років життя Георгій Олександрович присвятив науковій праці. За ці роки він пройшов шлях від студента Київського політехнічного інституту до висококваліфікованого фахівця – провідного наукового співробітника, від рядового інженера до керівника галузевої лабораторії, головного редактора журналу, доктора технічних наук, професора.

Закінчивши інститут, Георгій Олександрович працював багато років в Інституті електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України та інших наукових закладах України. Мав понад 400 друкованих наукових праць, авторських свідоцтв і патентів на винаходи.

Висловлюємо глибоке співчуття рідним та близьким Георгія Олександровича Бойка.

Керівник проекту та редакція

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Стаття подається в одному примірнику друкованого тексту на білому папері формату А4 у редакторі Microsoft Word шрифтом Times New Roman, розмір літер – 12 пт, стиль – normal (звичайний), міжрядковий інтервал – 1.2, абзац з відступом 8 мм, інтервал перед та після абзацу – 0 пт, параметри сторінки: зліва – 30 мм, справа – 15 мм, зверху та знизу – 20 мм, від краю до верхнього колонтитула – 15 мм, до нижнього – 25 мм; сторінки без нумерації.

Наукова праця має бути підписана авторами на звороті останнього аркуша та якісно відредагована.

До статті додаються: **акт експертизи** про можливість відкритого опублікування; **витяг з протоколу** засідання науково-технічної ради установи (підрозділу) з обґрунтуванням доцільності опублікування роботи; **рецензія** за підписом провідного вченого у даному напрямі наукових досліджень – доктора наук; **дані про авторів** із зазначенням прізвища (великими літерами), імені та по батькові (повністю), наукового ступеня, вченого звання, посади або професії, наукових інтересів (обов'язково), домашньої адреси, контактного телефону, факсу, e-mail.

Разом зі статтею подається її електронний варіант (по e-mail, на CD або дискеті 3,5") з файлами, які містять текст статті українською мовою, анотацію українською, російською, англійською мовами, а також дані про авторів.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РУКОПИСУ

1. Індекс УДК зазначається у лівому верхньому куті перед відомостями про авторів.

2. Ініціали та прізвища авторів – у правому куті (без наукового ступеня та вченого звання, шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань).

3. Назва статті друкується великими літерами (шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань) по центрі аркуша без переносів і відокремлюється від тексту одним вільним рядком зверху та знизу.

4. Анотація українською мовою друкується курсивом під назвою статті й відокремлюється від заголовка та тексту одним вільним рядком, анотації російською й англійською мовами друкуються після списку літератури.

5. Формули у статтях повинні бути надруковані за допомогою редактора формул **Equation Editor**. Усі параметри в статтях мають повністю відповідати наведеним нижче формам:

Усі формули розміщують у таблиці без обрамлення, по центрі, без абзацу. Номер формули зазначається по середині висоти другої колонки з виключкою вправо.

Усі буквені позначення у формулах та рисунках, а також у тексті статті повинні бути однакові за розміром і гарнітурою. Допускаються виділення напівжирним шрифтом, курсивом та підкреслювання за бажанням автора.

6. Рисунки до статті потрібно виконувати у редакторі Microsoft Word за допомогою функції «Створити малюнок». Не допускаються рисунки, оформлені як растрові зображення або такі, що не піддаються редагуванню. Усі текстові написи на рисунках слід робити тільки в кадрах або текстових рамках. Розміри рисунка не повинні виходити за рамки полів.

7. Стандартні таблиці слід виконувати в редакторі Microsoft Word. Вони повинні мати короткий заголовок.

8. Список літератури подається загальним списком у кінці рукопису та складається відповідно до посилань на літературні джерела в тексті. Бібліографічний опис оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Необхідно дотримуватися вимог ВАК України щодо оформлення статей, п. 3 постанови від 15.01.03 № 7-05/1. Структура наукової статті повинна мати такі елементи: **постановка проблеми, огляд останніх досліджень і публікацій** з цієї проблеми; **формулювання завдання дослідження; виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; **висновки; список використаних джерел**.

Редакція не несе відповідальності за зміст наукової праці та залишає за собою право відмови від опублікування статей, що не відповідають проблематиці журналу й умовам оформлення матеріалів.

Статті приймаються за **адресою**: 03049, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Телефон для довідок: (044) 271-08-78 (дод. 2-13-78).

E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Формат 60 x 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Обсяг 4,16 ум. др. арк., 7,00 обл.-вид. арк.
Наклад 300 прим. Зам. № 1538.

Видавничий дім Дмитра Бураго

Свідоцтво про внесення до державного реєстру

ДК № 2212 від 13.06.2005 р.

04080, Україна, м. Київ-80, а / с 41

Тел. / факс: (044) 227-38-28, 227-38-48; **e-mail:** info@burago.com.ua,

site: www.burago.com.ua